

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YERLİ KİNOA TOHUMUNDAN NIŞASTA ELDESİ,
KARAKTERİZASYONU VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİN
İNCELENEREK ÜRÜNE UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve KOYUNCU AYDIN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YERLİ KİNOA TOHUMUNDAN NIŞASTA ELDESİ,
KARAKTERİZASYONU VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİN
İNCELENEREK ÜRÜNE UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Merve KOYUNCU AYDIN
(506141551)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Dilara ERDİL

HAZİRAN 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506141551 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Merve KOYUNCU AYDIN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YERLİ KİNOA TOHUMUNDAN NİŞASTA ELDESİ, KARAKTERİZASYONU VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİN İNCELENEREK ÜRÜNE UYGULANMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğretim Üyesi Dilara ERDİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Celale KIRKIN
Özyeğin Üniversitesi

Teslim Tarihi : 04 Mayıs 2018
Savunma Tarihi : 04 Haziran 2018





Canım ailem ve hayat arkadaşım eşime,



ÖNSÖZ

Hep hayalim olan üniversitede yüksek lisansımı tamamlarken tez çalışmam boyunca her konuda bana yol gösterici olan, desteğini ve yardımlarını her zaman hissettiğim çok kıymetli hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Dilara Nilüfer ERDİL'e en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Deneysel çalışmalarım sürecinde yardımlarını esirgemeyen ve hep destek olan Uzman Yük. Müh. Nalan DEMİR'e ve Gıda Yük. Müh. Evren DEMİRCAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Analiz çalışmalarımın yürütülmesine imkan sağlayan ve bu konuda yardımlarını esirgemeyen Abdullah Gül Üniversitesi öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Kevser KAHRAMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans kabul mülakatında bile rastlaştığım, eğitimimin her döneminde yardımını asla esirgemeyen, soyadımızın bile aynı olduğu çok değerli arkadaşım Gıda Yük. Müh. Reyhan KOYUNCU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca attığım her adımda maddi manevi yardımlarını esirgemeyen, yol gösterici olmaya çalışan, en önemlisi güven duyan, her zaman desteklerini hissettiğim ve hissedeceğimden emin olduğum çok kıymetli ailem, babam Ahmet KOYUNCU'ya, annem Necla KOYUNCU'ya, küçük babam dediğim abim Serhat UÇAR'a, ablam dediğim ancak hep anne ve arkadaş bildiğim ablam Tuğçe UÇAR'a sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Evliliğimizin en güzel zamanlarında usanmadan ve bıkmadan tezimi bitirmemi bekleyen, yeri geldiğinde laboratuvarında benimle çalışmalar bile yapan hayat arkadaşım, çok sevdiğim eşim Erhan AYDIN'a desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

HAZİRAN 2018

Merve KOYUNCU AYDIN
(Gıda Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1 Nişasta Yapısı	3
2.2 Kinoa (Chenopodium quinoa Willd.)	5
2.2.1 Kinoanın yapısı.....	5
2.2.2 Kinoanın kompozisyonu.....	7
2.2.2.1 Protein ve aminoasit içeriği.....	8
2.2.2.2 Karbonhidrat içeriği	9
2.2.2.3 Lipit ve yağ asidi içeriği.....	9
2.2.2.4 Mineral madde içeriği	10
2.2.2.5 Vitamin içeriği.....	11
2.2.2.6 Lif	12
2.2.2.7 Biyoaktif bileşenleri	12
2.2.2.8 Antibesinsel faktörler ve alerjenite.....	13
2.2.2.9 Kinoa nişastası.....	16
2.2.3 Kinoa yetiştiriciliği.....	19
2.2.4 Nişastanın fizikokimyasal özellikleri	20
2.2.5 Nişasta biyosentezi	21
2.2.6 Nişastanın izolasyonu.....	22
2.2.6.1 Ticari nişasta	22
2.2.6.2 Küçük granül nişasta	23
2.2.7 Kinoa fraksiyonasyonu.....	23
2.2.7.1 Nişasta üretimi.....	24
2.2.7.2 Saponinin uzaklaştırılması	25
2.2.8 Kinoa ve kinoa ürünlerinin kullanım alanları.....	26
3. MATERYAL VE METOT	29
3.1 Materyal.....	29
3.1.1 Hammadde.....	29
3.1.2 Çalışmada kullanılan kimyasallar	29
3.1.3 Çalışmada kullanılan cihazlar	29
3.2 Yöntem	29
3.2.1 Yerli kinoa tohumundan nişasta eldesi.....	29
3.2.2 Yerli kinoa nişastasının kompozisyon ve karakterizasyon analizleri.....	30
3.2.2.1 Toplam nem miktarı tayini	30

3.2.2.2 Toplam protein miktarı tayini	30
3.2.2.3 Toplam kül miktarı tayini	32
3.2.2.4 Toplam yağ miktarı tayini	32
3.2.2.5 Toplam diyet lifi miktarı tayini	32
3.2.2.6 Amiloz-amilopektin miktarı tayini	33
3.2.3 Yerli kinoa nişastasına uygulanan analizler	33
3.2.3.1 Su tutma kapasitesi	33
3.2.3.2 Şişme kuvvetinin ve suda çözünürlük indeksinin tayini	34
3.2.3.3 Diferansiyel taramalı kalorimetre ile termal özelliklerin belirlenmesi	34
3.2.3.4 Granül yapısının mikroskop ile incelenmesi	35
3.2.3.5 Partikül büyüklüğünün incelenmesi	35
3.2.3.6 Nişastanın renk ölçümleri	35
3.2.3.7 RVA cihazıyla vizkozite ölçümleri tayini	36
3.2.3.8 Toplam nişasta miktarı tayini	37
3.2.3.9 Glisemik indeks tayini	37
3.2.3.10 Moleküler özelliklerin FT-IR analizi ile belirlenmesi	37
3.2.4 Duyusal analizler	38
3.2.5 Muhallebilerin viskozite özelliklerinin belirlenmesi	42
3.2.6 İstatistiksel analizler	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	43
4.1 Yerli Kinoa Nişastasının Kompozisyonu ve Karakterizasyonu	43
4.1.1 Yerli kinoa nişastasının amiloz-amilopektin oranları	44
4.2 Yerli Kinoa Nişastasına Uygulanan Analizler	45
4.2.1 Su tutma kapasitesi	45
4.2.2 Şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksi	45
4.2.3 Granül yapının mikroskop ile incelenmesi	47
4.2.4 Partikül büyüklüğünün incelenmesi	49
4.2.5 Renk ölçümleri	50
4.2.6 DSC ile termal özellikler	51
4.2.7 RVA cihazıyla gerçekleştirilen viskozite ölçümleri	53
4.2.8 Toplam nişasta miktarı	56
4.2.9 Glisemik indeks	56
4.2.10 FTIR (Fourier Transform Infra Red) analizi	57
4.3 Muhallebilere Uygulanan Duyusal Analiz Sonuçları	58
4.4 Muhallebilere uygulanan viskozite analiz sonuçları	63
5. SONUÇ	65
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	77

KISALTMALAR

AACC	: Amerikan Hububat Kimyacılar Birliği
AOAC	: Uluslararası Amerikan Resmi Analitik Kimyacılar Birliği
BNM	: Buğday Nişastalı Muhallebi
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kolorimetre
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
GBSS	: Granüle Bağlı Nişasta Sentaz Enzimleri
KM	: Kontrol Muhallebi
KNM	: Kinoa Nişastalı Muhallebi
KUM	: Kinoa Unlu Muhallebi
MN	: Mısır Nişastası
PNM	: Pirinç Nişastalı Muhallebi
RVA	: Hızlı visko analizör
SDS	: Sodyum Dedosil Sülfat
TDL	: Toplam Diyet Lifi
YKN	: Yerli Kinoa Nişastası



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Kinoa, mısır, pirinç ve buğdaydaki esansiyel aminoasit miktarları ($\times 10^{-3}$ kg per kg protein)	9
Çizelge 2.2 : Kinoa tohumunun yağ oranları.	10
Çizelge 2.3 : Ca, Fe, Zn değerleri.	11
Çizelge 2.4 : Ca, P, Fe, K, Na, Zn değerleri.	11
Çizelge 2.5 : Ca, P, Fe, K, Na, Zn değerleri.	11
Çizelge 2.6 : Kinoa ve Buğdayın mineral madde kompozisyonu.	11
Çizelge 3.1 : Muhallebi üretiminde kullanılan malzemeler ve miktarları	38
Çizelge 4.1 : Yapılan analizler sonucu tespit edilen yerli kinoa nişastasının kompozisyonları (%).....	43
Çizelge 4.2 : YKN'nın amiloz ve amilopektin oranları (%).....	44
Çizelge 4.3 : Yerli kinoa nişastasının 65-95°C aralığındaki şişme kuvveti (ml/g) ve suda çözünürlük indeksi (%).....	46
Çizelge 4.4 : Yerli kinoa nişastasının zeta değerleri ve Z ortalama değeri	49
Çizelge 4.5 : Yerli kinoa nişastasının jelatinizasyon sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$) ve Entalpi değeri (joule/gram).	52
Çizelge 4.6 : Farklı nişasta türlerinin jelatinizasyon sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$) ve Entalpi değeri (joule/gram).	53
Çizelge 4.7 : YKN ve diğer nişastaların vizkozite özellikleri.	54
Çizelge 4.8 : YKN ve diğer nişastaların yapışma sıcaklıkları.	56
Çizelge 4.9 : YKN ile MN glisemik indeks değerinin karşılaştırması	7
Çizelge 4.10 : Muhallebi örneklerinin görünüş puanları.	58
Çizelge 4.11 : Muhallebi örneklerinin görsel kıvam puanları.	59
Çizelge 4.12 : Muhallebi örneklerinin renk puanları.	59
Çizelge 4.13 : Muhallebi örneklerinin parlaklık puanları.....	59
Çizelge 4.14 : Muhallebi örneklerinin koku puanları.	60
Çizelge 4.15 : Muhallebi örneklerinin ağızdaki kıvam puanları.	60
Çizelge 4.16 : Muhallebi örneklerinin erime puanları.	61
Çizelge 4.17 : Muhallebi örneklerinin kremsilik puanları.	61
Çizelge 4.18 : Muhallebi örneklerinin pürüzlülük puanları.....	61
Çizelge 4.19 : Muhallebi örneklerinin tat puanları.	62
Çizelge 4.20 : Muhallebi örneklerinin aroma puanları.	62
Çizelge 4.21 : Muhallebi örneklerinin genel beğeni puanları.....	63
Çizelge 4.22 : Muhallebi örneklerinin satın alma niyeti puanları.	63
Çizelge 4.23 : Muhallebi örneklerinin viskozite değerleri (Pa s).	63



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Nişasta granüllerinin kompozisyonu	4
Şekil 2.2 : Nişastanın kaynakları	5
Şekil 2.3 : Kinoa bitkisi	5
Şekil 2.4 : Kinoa tohumunun yapısı; Perikarp (PE), Çekirdek Tabaka (SC), Hipokotil-radikal eksen (H), Kotelidonlar (C), Endosperm (EN), Radikül (R), Fünik (F), Sürgün ekleri (SA), Perisperm (P)	6
Şekil 2.5 : Kinoa tohumu	7
Şekil 2.6 : Kinoanın kompozisyonu. Kinoada %60 oranında nişasta, %16 oranında protein, %8 oranında lif, %7 oranında yağ, %6 oranında şeker ve %3 oranında kül bulunmaktadır.	8
Şekil 2.7 : Kinoada tanımlanmış biyoaktif bileşikler ve biyolojik aktiviteleri	13
Şekil 2.8 : Depo organlarda nişasta biyosentez yolu. Enzimler, UGPase, UDP-glikoz pirofosforilaz; AGPase, ADP-glikoz pirofosforilaz; SS, Nişasta sentaz; GBSS, Granüle bağlı nişasta sentaz; SBE, Nişasta dallanma enzimi	21
Şekil 3.1 : Nişasta izolasyonu.	31
Şekil 3.2 : Duyusal analiz için hazırlanan kontrol muhallebi örneği.	39
Şekil 3.3 : Duyusal analiz için hazırlanan pirinç nişastalı muhallebi örneği.	39
Şekil 3.4 : Duyusal analiz için hazırlanan kinoa unlu muhallebi örneği.	39
Şekil 3.5 : Duyusal analiz için hazırlanan kinoa nişastalı muhallebi örneği.	40
Şekil 3.6 : Duyusal analiz için hazırlanan buğday nişastalı muhallebi örneği.	40
Şekil 3.7 : Muhallebiler için kullanılan duyusal değerlendirme formu	41
Şekil 4.1 : Yerli Kinoa nişastasının 65-95°C aralığındaki Şişme Kuvveti (ml/g) ve Suda Çözünürlük İndeksi (%).	46
Şekil 4.2 : Yerli kinoa nişastasının mikroskop görüntüsü.	48
Şekil 4.3 : Yerli kinoa nişastasının mikroskop görüntüsü.	48
Şekil 4.4 : Hacim bazında boyut dağılımı.	49
Şekil 4.5 : Kinoa nişastasına ait renk parlaklığı ve renk açısı ortalama değerleri.	50
Şekil 4.6 : Yerli kinoa nişastasının diferansiyel tarama kalometrik (DSC) termogramı.	51
Şekil 4.7 : Kinoa nişastası (Quinoa), Mısır nişastası (Corn) ve Buğday nişastası (Wheat) örneklerinin vizkozite özellikleri.	54
Şekil 4.8 : Yerli kinoa nişastası ve farklı nişastaya ait FTIR sonuçları.	57



YERLİ KİNOA TOHUMUNDAN NİŞASTA ELDESİ, KARAKTERİZASYONU VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİN İNCELENEREK ÜRÜNE UYGULANMASI

ÖZET

Kinoa taneleri, amarant ve kara buğday gibi pseudo-cereal (tahıl benzeri) grubuna dahil edilen, gluten içermeyen bir besin kaynağıdır. Son yıllarda kinoa tohumları, vegan ve vejeteryanların beslenmesinde oldukça tercih edilen bir besin grubu haline gelmiştir. Yapılan birçok çalışmada kinoanın dünyada açlık sorununa çare olabileceği düşünülen bitkiler grubunda yer aldığı ortaya konulmuştur. Yassı ve oval şeklinde olan kinoanın 1.99-5.08 g arasında bin dane ağırlığı vardır. Kinoanın çeşit sayısı fazladır. Tohum rengi genellikle sarıdır ancak pembeden siyaha doğru değişkenlik göstermektedir. Bu değişikliğin sebebi ise yapısında bulunan saponinden kaynaklanmaktadır. Kinoa tohumu un haline getirilerek makarna yapımında, ekmek ve diğer tüm unlu mamullerde kullanılabilir. Tane şeklinde salata, yemek, çorba, geleneksel ürünlerde ve tatlılarda kullanılan kinoanın yaprağı ıspanak gibi de kullanılabilir. Ayrıca darı ile fermente edilip bira ve benzeri içeceklerin yapımında değerlendirilebilir.

Bu tez çalışmasında; son zamanların popüler besin kaynağı olan kinoanın Türkiye topraklarında yetişen tohumundan nişasta elde edilmiştir, elde edilen nişastanın özellikleri karakterize edilmiş ve fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, ülkemizde geleneksel bir sütlü tatlı olan muhallebide kinoa nişastası uygulanarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi de amaçlanmıştır.

Yerli tohumdan kinoa nişastası belirli aşamalardan geçerek elde edilmiştir. Kinoa tohumu 1:5 oranında ıslatılmasının ardından öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Devamında süzülerek santrifüj işlemi yapılmıştır. Saf su ilavesiyle santrifüj işlemi üç kez tekrarlanmıştır. Son aşamada ise alkol ile yıkanarak kurutma işlemi yapılmıştır. Öğütücü ile taneleri küçültme işlemi yapılmıştır.

Çalışmaya konu olan yerli kinoa Parion Tarım Ürünleri ve Gıda San.Tic.Ltd.Şti Biga-Çanakkale-Türkiye'den temin edilmiştir. Yerli kinoadan elde edilen nişastayı tanımlamak amacıyla kimyasal kompozisyonu; kül, nem, protein, yağ, diyet lifi içerikleri belirlenmiş, Nişastanın amiloz-amilopektin oranı da analiz edilmiştir. Yerli kinoa nişastasının nem içeriği %9.2-12.2 arasında, kül içeriği %3.66, yağ içeriği %0.3, protein içeriği %2.33-2.34 arasında, toplam diyet lifi değeri ise %2.8 olarak bulunmuştur. Yerli kinoa nişastasının amiloz/amilopektin oranı 32:68 olarak tespit edilmiştir.

Fonksiyonel özelliklerin incelenmesi kapsamında yerli kinoa nişastasının; su tutma kapasitesi, şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksi, partikül büyüklüğü, renk değeri, toplam nişasta miktarı belirlenmiştir. Su tutma kapasitesi bakımından diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, sonuçların genel olarak uygun olduğu görülmüştür. Şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksi 65-95 °C arası incelenmiştir. Sıcaklık arttıkça iki parametrenin de arttığı gözlemlenmiştir.

Partikül büyüklüğü ve renk değerleri diğer nişasta türleriyle incelendiğinde kabul edilebilir düzeylerde olduğu görülmüştür.

Yerli kinoa nişastasının termal özellikleri DSC ile incelenerek jelatinizasyon özellikleri de tespit edilmiştir. Diğer nişasta türleriyle karşılaştırıldığında ise yerli kinoa nişastasının diğer nişasta türlerine göre daha düşük sıcaklıkta jelatinize olduğu görülmüştür. Başka bir deyişle; jelatinizasyon en erken yerli kinoa nişastada gerçekleşmektedir. Entalpi değeri ise en yüksek yerli kinoa nişastasında tespit edilmiştir. Ayrıca RVA cihazı ile de vizkozite özellikleri incelenmiştir. En yüksek pik vizkozitesine 4737 cP değeri ile yerli kinoa nişastasının sahip olduğu görülmektedir. Buğday nişastası ve mısır nişastasının pik vizkoziteleri arasında önemli ölçüde fark bulunmamasıyla birlikte kinoa nişastasına göre daha düşük değerlere sahiplerdir ve bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

En son aşamada yerli kinoa tohumundan elde edilen nişasta ürüne uygulanarak muhallebi yapılmıştır. Kontrol amaçlı olarak muhallebi pirinç unu, pirinç nişastası, kinoa unu ile yapılan 4 farklı muhallebi ile benzerliği ve kıyaslaması yapılmıştır. Muhallebilerin görünüş, görsel kıvam, renk, parlaklık, koku, ağızdaki kıvam, erime, kremsilik, pürüzlülük, tat, aroma, genel beğeni ve satın alma niyeti açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Görünüş ve görsel kıvam bakımından kontrol pirinç unu muhallebisi ile istatistiksel olarak fark tespit edilirken renk, parlaklık, koku, ağızdaki kıvam, erime, kremsilik, pürüzlülük, tat, aroma, genel beğeni ve satın alma niyeti açısından istatistiksel olarak önemli fark tespit edilmemiştir. Bazı parametrelerde ise kinoa nişastalı muhallebi kontrol pirinç unlu muhallebiye göre daha çok beğenilmiştir.

Ülkemizde üretimine başlanılan kinoanın kullanımını yaygınlaştırmanın bir yolu da değerli bileşenlerini (protein, nişasta vb.) izole ederek katma değeri yüksek ingredien elde etmek ve çeşitli ürün formülasyonlarda uygulamaktır. Kinoa nişastası sütlü tatlılarda vermiş olduğu sonuçlar ile birçok formülasyon için umut verici bir nişasta kaynağı olarak görülmüştür.

QUINOA STARCH ISOLATED FROM NATIVE QUINOA SEED: CHARACTERIZATION, FUNCTIONAL PROPERTIES AND PRODUCT APPLICATION

SUMMARY

With changing eating habits, grains and crops continue to play an important role in nourishing the world's population and cereals are the main carbohydrate sources in our diet. Yet another product from the grain group that has been much talked about in recent years is the quinoa. Quinoa grains are a gluten-free nutrient source that is incorporated into pseudocereal groups such as amaranth and buckwheat. It is a one-year, dicotyled plant species that is physiologically in the group of C-3 plants from the family Chenopodiaceae. In recent years, quinoa seeds have become a highly preferred food group for vegans and vegetarians. Gluten is also an ideal food source for celiac disease.

The use and use of quinoa seeds as cereals or pulses with trade is increasing day by day. Many studies have shown that quinoa is involved in a group of plants thought to be a remedy for the world's hunger problem. It is a good source of vitamin, mineral, fiber, high quality protein, essential oil, carbohydrate for human health and its energy value is higher than other grains. The chemical composition found in the quinoa varies depending on the structure of the soil, its aesthetic, climatic factors, cultural practices and growing variety. The flat and oval shaped quinoa has a weight in the range of 1.99-5.08 g. There are many number of varieties of quinoa. The seed color is usually yellow, but it varies from pink to black. The reason for this change is due to saponin in its structure. Natural disasters such as drought and climate change have led to a decrease in some types of pulses and an increase in the cost of nutritional grains such as quinoa. The quinoa, which can be highly tolerant of ritual, frost and soil salinity, is well adapted to unfavorable climatic and soil conditions. Quinoa can be used in pasta making, bread and all other bakery products by grinding it into seed flour. In the form of grains; it can be used in salads, meals, soups, traditional products and desserts and quinoa's leaf can also be used like spinach. Besides, it can also be fermented with millet and evaluated for making beer and similar beverages.

Starch, which has a high level of importance in human nutrition, is the basic carbohydrate source in our diet. Starch is a plant-derived polysaccharide which is composed of amylopectin, which is a fairly branched structure, and amylose components, which are linear. Amylose is bound by α - (1,4) glycosidic bonds while amylopectin is linked by α - (1,6) glycosidic bonds. Starch, which accounts for almost 55% of the seed, is the main component of the quinoa. Starch is widely used in food technology and is derived from a variety of sources. As the starch granules have the moisture retention feature, it allows the food industry to use starch as a thickener, diluent, moisture absorber. It is also said that the newest application is microencapsulation because of its film coating feature.

Starch, which accounts for almost 55% of the seed, is the main component of the quinoa, and granules in perisperm can be present as single or multiple compound

structures. The amount of amylose present in the kinoa starch is around 11%, which is lower than in cereals. The quinoa starch according to wheat starch has a higher water holding capacity and a lower gelatinization enthalpy with viscosity. The gelatinization structure of the quinoa starch depends on such factors as the size of the crystal, its ratio, and the structure of the starch. In addition, since quinoa starch has very good stability in retrogradation and freezing properties, it can be used in place of industrial modified starches.

In this thesis, quinoa starch is isolated from seeds grown in the territory of Turkey and it is characterized and its use in a traditional dairy dessert (muhallebi) is investigated.

Native quinoa starch has been obtained through certain stages. The quinoa seeds were subjected to milling and then soaked in water at a ratio of 1:5. It was then milled at 10-13 thousand rpm for 1 minute. The milled quinoa slurry was mixed in a magnetic stirrer for 1 hour at 7 degrees speed. After filtration through a 70 micron eluent, the eluent was centrifuged at 4300 rpm for 20 minutes. The brown-gray formed layer was free from the surface of the white layer, distilled water was added and centrifuged at the same rate again and the final step was repeated 3 times. Finally, it was dried and milled at room temperature by washing with 95% ethanol and acetone. It was kept in a dry environment.

Native quinoa seeds were supplied from Parion Tarım Ürünleri ve Gıda San.Tic.Ltd.Şti Biga/Çanakkale-Turkey. Chemical composition (ash, moisture, protein, fat, dietary fiber contents) and amylose-amylopectin ratios were analyzed to identify the starch from native quinoa. The native kinoa starch has a moisture content of 9.2- 12.2%, an ash content of 3.66%, fat content of 0.3%, protein content between 2.33-2.34% and the total dietary fiber value was found to be 2.8%. Amylose / amylopectin ratio of native kinoa starch was determined to be 32: 68, respectively..

Within the scope of examining the functional properties of native quinoa starch; water retention capacity, swelling power and water solubility index, color value, particle size, total starch amount were determined. Compared to other studies in terms of water retention capacity, the results were generally found to be in agreement. When the water retention capacity of YKN is examined, it is seen that the results are between 90% and 99.8% . The obtained YKN water holding capacity data are more appropriate and higher than the literature data. Quinoa varieties and breeding conditions may have caused this difference.

Swelling power and water solubility index were examined at 65-95 ° C. the values were 8.43-11.07-12.3-14.4 ml/g and the water solubility index was determined as 58-68-80-89% respectively. It has been observed that as the temperature increases, both parameters increase. In other studies, it was observed that as the temperature increased, the swelling power and water solubility index increased, but the results were not within the same limits.

When the granule structure is examined with a microscope, it is determined that it is irregular and very angular and there is no visible damage. Particle size and color values were found to be acceptable when examined with other starch species. The L* value obtained from the native quinoa starch is not 90 and above but it is very close to this value and it does not interfere with its use. In the parallel study, b * value increased by 2.45, 2.75 and 2.81, respectively, which tends to be very slight. Previous ranges of quinoa starch, wheat starch and rice starch particle size were found to be compatible with YKN.

The thermal properties of native quinoa starch were examined by DSC and gelling properties were also determined. Compared to other types of starch, it was seen that native quinoa starch has a lower initial gelatinization temperature than other starch species. In other words; the gelatinization for native quinoa starch starts at the lowest temperature. The enthalpy value was the highest for quinoa starch which means it gelatinizes more.

In addition, In the RVA study, the maximum viscosity, breakdown, final viscosity, setback viscosity, trough viscosity, peak time, pasting temperature were determined and the changes in the properties of the resulting starch were examined. The viscosity properties were also examined with the RVA instrument. The highest peak viscosity appears to be for native quinoa starch with a value of 4737 cP. There was no significant difference between the peak viscosities of wheat starch and corn starch together with lower values compared to quinoa starch and this difference was statistically significant ($p < 0,05$). When the final viscosity is examined, it is seen that the highest value belongs to MN with a value of 5936 cP and the lowest value belongs to YKN with a value of 3010 cP.

At the last stage, the starch obtained from native quinoa seed was applied to the dairy dessert named muhallebi product. Quinoa starch muhallebi was compared with the muhallebi products produced from wheat starch, rice starch, rice flour and quinoa flour. Pasteurized milk, flour and sugar are used in the puddings made with flour while pasteurized milk, starch and sugar are used for the puddles made with starch. The sensory analysis of the puddles was carried out in the sensory laboratory of the Department of Food Engineering at Istanbul Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgy, with 15 panelists. The puddings were evaluated in terms of appearance, visual consistency, color, gloss, odor, mouth consistency, melting, creaminess, roughness, taste, aroma, general taste and intention to purchase. The appearance and visual consistency were statistically different from the control pudding but no statistically significant difference was found in terms of color, gloss, odor, consistency in mouth, melting, creaminess, roughness, taste, aroma, general taste and intention to purchase. In some parameters, quinoa starch muhallebi is more appreciated than the control muhallebi.

Viscosity is the measure of resistance of a fluid against deformation under surface tension. Viscosity values were measured for KNM, KUM, BNM, PNM and KM. When we look at the results we have obtained, the viscosity value is highest at 18 Pa.s, while the lowest value is at PNM with 10.5 Pa.s. When we make comparisons between the muhallebiler we get close results. There are no major differences between KM and KNM and there is intense consistency.

One way to promote the use of quinoa, is to isolate its valuable components (protein, starch, etc.) to obtain high value-added ingredients and apply them in various product formulations. Quinoa starch is seen as a promising source of starch for many of the formulations with the performance it had given in dairy dessert.



1. GİRİŞ

Beslenme alışkanlıklarının değişmesiyle birlikte tahıl ve ürünleri dünya nüfusunun beslenmesinde önemli bir yer tutmaya devam etmektedir ve tahıllar beslenmemizdeki temel karbonhidrat kaynaklarıdır. Ancak son yıllarda tahıl grubundan olan ve adından çokça söz ettiren başka bir ürün ise kinoa'dır. Kinoa olarak bilinen *Chenopodium quinoa* Willd, kazayağıgiller (*Chenopodiaceae*) familyasından tek yıllık bir bitkidir ve son zamanlarda insan ve hayvan beslenmesi üzerinde yoğun çalışmalar yapılan bir tahıl türüdür. Açlığa çare olabileceği düşünülen bir bitkidir ve 2013 yılı FAO tarafından 'Kinoa Yılı' olarak ilan edilmiştir. Besleyici değeri oldukça yüksek olan kinoa; protein, diyet lifi, esansiyel yağ asitler, mineraller, biyoaktif bileşenler ve vitaminlerce zengindirler ve çok iyi bir enerji kaynağıdır. Gluten içermemesi nedeniyle de çölyak hastaları için ideal bir besin kaynağı olmaktadır. Son 10 yıldır yetiştiriciliği oldukça artan kinoa Türkiye topraklarında da yetiştirilmeye başlanmıştır.

İnsan beslenmesinde büyük önem düzeyine sahip olan nişasta, beslenmemizdeki temel karbonhidrat kaynağıdır. Nişasta oldukça dallı yapıda olan amilopektin ve doğrusal yapıda olan amiloz bileşenlerinden meydana gelen bitkisel kaynaklı polisakkarittir. Tohumun neredeyse %55'inden meydana gelen nişasta, kinoanın ana temel bileşenidir ve perisperm içerisinde granüller tekli veya çoklu bileşik yapılar halinde bulunabilir. Nişasta, gıda teknolojisinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve çeşitli kaynaklardan elde edilmektedir. Nişasta granüllerinin nem çekme özelliğine sahip olmasından dolayı gıda endüstrisinde, nişastanın kalıplayıcı, seyreltici, nem absorbe eden, akışkanlık sağlayıcı madde olarak kullanılmasına fırsat vermektedir. Ayrıca film kaplama özelliği sebebiyle günümüzde en yeni uygulamanın mikroenkapsülasyon olduğu söylenmektedir.

Bu tez çalışmasında; son zamanların popüler besin kaynağı olan kinoanın Türkiye topraklarında yetişen tohumundan nişasta elde edilmiştir. Kinoa tohumu Çanakkale ilinin Biga ilçesinde yetiştirilmektedir. İlk aşamalarında kinoa nişastasını tanımlamak için temel kompozisyon ve karakterizasyon analizleri yapılmıştır. Çalışmanın

devamında ise su tutma kapasitesi, şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksi, renk belirginliği deneyleriyle nişastanın fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir. Nişastanın termal özellikleri, jelleşme entalpileri ve sıcaklıkları ise DSC (Diferansiyel Taramalı Kolorimetre) ile belirlenmiştir. Mikro-visko analizör (RVA) ile viskozite özellikleri mikroskop ile granül yapısı, partikül büyüklüğü, glisemik indeks miktarı incelenmiştir. Son aşamada ise elde edilen yerli kinoa nişastasını muhallebi ürününe uygulanmıştır. 4 farklı nişasta ile yapılan muhallebi ürünüyle karşılaştırılarak kinoa nişastasının kullanılabilirliği araştırılmıştır.



2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Nişasta Yapısı

Nişasta, α -glikozidik bağlarla birbirlerine bağlanarak, doğal olarak meydana gelen yüksek polimerli karbonhidrattır. Bitkilerde depolanmasından dolayı doğada bulunurluğu çok yüksektir (Gönül, 1978). İnsan beslenmesinde büyük önem düzeyine sahiptir (Ratnayake ve Jackson, 2008).

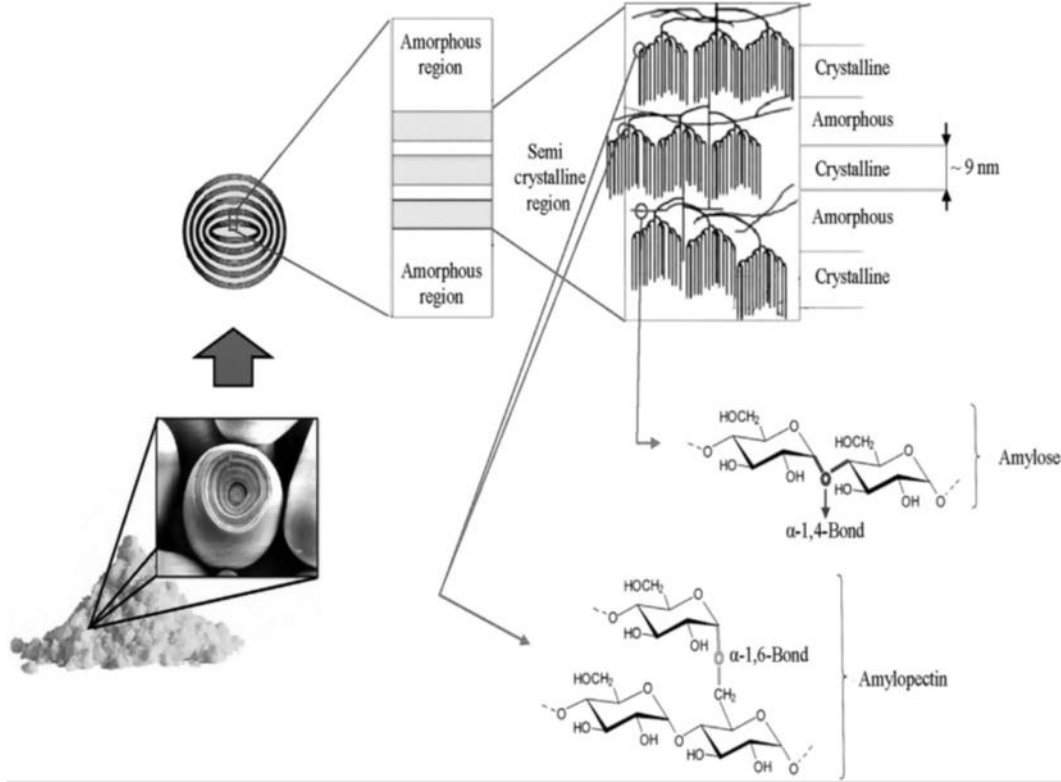
Fiziksel özellikleri gereği, suda çözünmeyen granüller çok ufak halde bitkilerde bulunur. Bitki kaynağına bağlı olarak granüllerin çapı (büyüklüğü) ve şekli değişiklik göstermektedir. Granül büyüklüğü, genellikle 3-100 mikron arasında farklılık göstermektedir. Nişasta granüllerinde önemli bir özellik olan hilum, granülün büyüdüğü çekirdektir ve nokta şeklindedir. Çift kırılma özelliğine sahip olan doğal nişasta granüllerinde polarize ışık altında çapraz gölge oluşur. Oluşan çaprazların gelişmesi hilumda meydana gelmektedir (Gönül, 1978).

Nişastanın en önemli özelliklerinden birisi de, oda sıcaklığında veya daha düşük sıcaklıklarda su ile nemlendikleri zaman suda çözünmemeleri, suyu absorbe ederek şişmeleridir. Absorbe edilen nişasta granülleri ısıtıldıklarında kritik sıcaklık değerini geçince granülü tutan hidrojen bağları zayıflar ve şişer. Böylece jelatinizasyon işlemi başlamış olmaktadır (Ergutay ve Kotancılar, 1988).

Nişasta granülleri, yüksek derece de öğütme işlemi uygulandığı zaman bozulmakta ve zedelenmektedir. Yapısı bozulan nişasta ise enzim faaliyetlerine daha az direnç göstermektedir ve soğuk suda bile jelatinleşme özelliği gösterebilmektedir. Nişastanın önemli fiziksel özelliklerinden bazıları ise yapışkanlık, jel mukavemeti, renk, vizkozite ve akışkanlık, berraklık ve film özelliğidir (Gönül, 1978).

Nişasta oldukça dallı yapıda olan amilopektin ve doğrusal yapıda olan amiloz bileşenlerinden meydana gelmektedir (Duan ve ark, 2012). Amiloz α -(1,4) glikozidik bağları ile bağlanırken amilopektin α -(1,6) glikozidik bağları ile bağlanmaktadır (Türker ve Savlak, 2015). Doğal nişastada, kuru madde de %98-99 oranında amiloz ve amilopektin bulunmaktadır. Geriye kalan miktarını ise proteinler, yağlar,

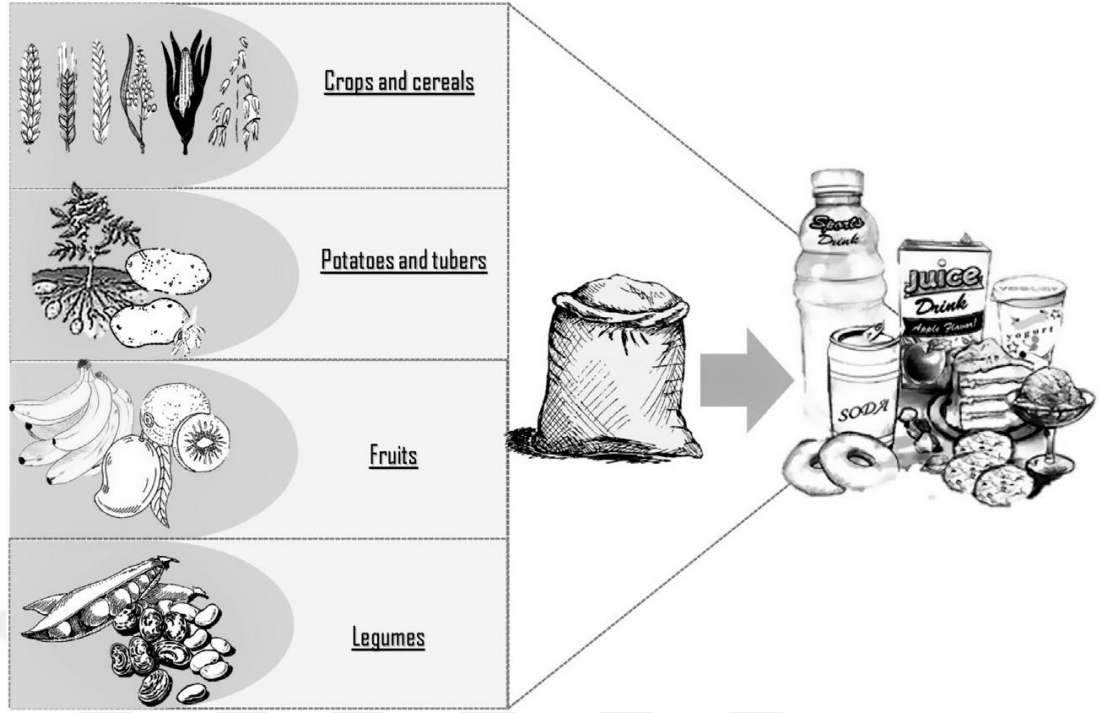
mineraller, esterleşmiş fosfatlar oluşturmaktadır. Nişastada mevcut olan amiloz ve amilopektin oranı gıdada bulunan nişastanın granül yapısı ve jelatinizasyon gibi fonksiyonel özelliklerini etkilemesi sebebiyle önem arz etmektedir. (Sharma ve diğ, 2008). Ayrıca çözünürlük, şişme değeri, doku, kristallik yapısı gibi bir çok fizikokimyasal özellikler amiloz ve amilopektin oranının bağlıdır (Duan ve diğ, 2012).



Şekil 2.1 : Nişasta granüllerinin kompozisyonu (Perez ve Agama-acevedo,2017).

Amilopektin ve amiloz indirgen özelliğe sahip değildir. Nişastanın amiloz yapısı suda kolloidal yapıda değildir fakat amilopektin suda çözünmeyip şişerek süspansiyon halinde kolloidal karışımda dağılır (Demirci, 2016).

Nişasta, gıda teknolojisinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve çeşitli kaynaklardan elde edilmektedir. Nişasta granüllerinin nem çekme özelliğine sahip olmasından dolayı gıda endüstrisinde, nişastanın kalıplayıcı, seyreltici, nem absorbe eden, akışkanlık sağlayıcı madde olarak kullanılmasına fırsat vermektedir. Ayrıca film kaplama özelliği sebebiyle günümüzde en yeni uygulamanın mikroenkapsülasyon olduğu söylenmektedir (Gönül, 1978).



Şekil 2.2 : Nişastanın kaynakları (Perez ve Agama-acevedo,2017).

2.2 Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

2.2.1 Kinoanın yapısı

Kazayağıgiller (*Chenopodiaceae*) familyasından fizyolojik olarak C-3 bitkileri grubunda olan tek yıllık, çift çenekli bir bitki türüdür (Keskin ve Evlice, 2015).

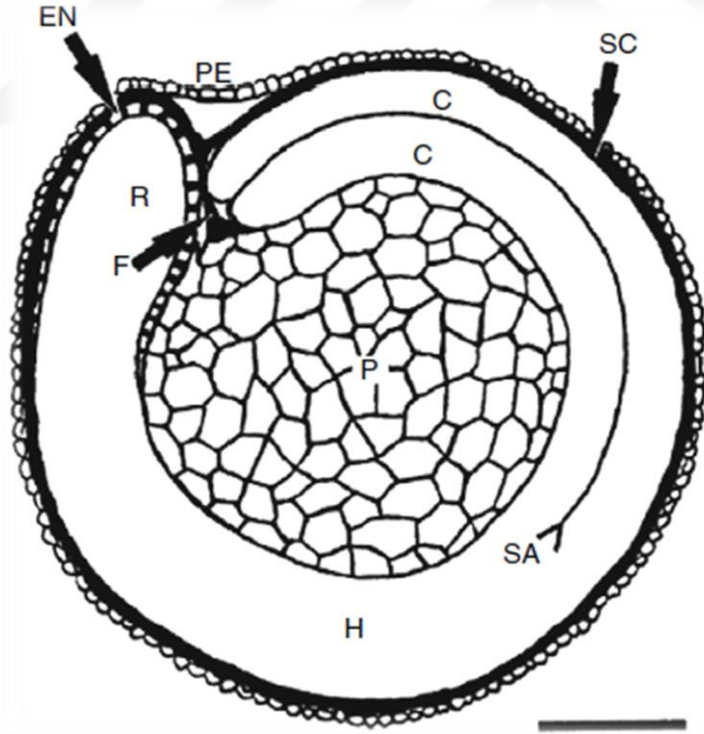


Şekil 2.3 : Kinoa bitkisi (Valencia ve diğ, 2016).

Dik olarak bitki boyu 40-150 cm boylarındadır. Dallanmış ve gelişmiş bir kökü olan kinoa kuraklığa oldukça dayanıklıdır. Geniş sarmal dizilişli yaprakları ve dik, kalın, odunsu sapları mevcuttur. Yaprakları genellikle üçgen şeklinde olup dişli ya da lobludur. Genç bir bitki iken yaprak rengi yeşildir. Olgunlaşmaya başlayan yapraklar sarı, kırmızı veya mor renk haline dönüşebilmektedir (Tan ve Yöndem, 2013).

Kuralık, don ve toprak tuzluluğuna yüksek tolerans gösterebilen kinoa, uygun olmayan iklim ve toprak koşullarına iyi derecede adapte olmaktadır (Demir ve Kılınç, 2016). Deniz seviyesinden 4000 m kadar yüksek olan alanlarda yetiştirme özelliğine sahiptir (Keskin ve Evlice, 2015).

Yassı ve oval şeklinde olan kinoanın 1.99-5.08 g arasında bin dane ağırlığı vardır. Kinoanın çeşit sayısı fazladır (Schoenlechner, 2017). Tohum rengi genellikle sarıdır ancak pembeden siyaha doğru değişkenlik göstermektedir (Keskin ve Evlice, 2015). Bu değişikliğin sebebi ise yapısında bulunan saponinden kaynaklanmaktadır (Tan ve Yöndem, 2013).

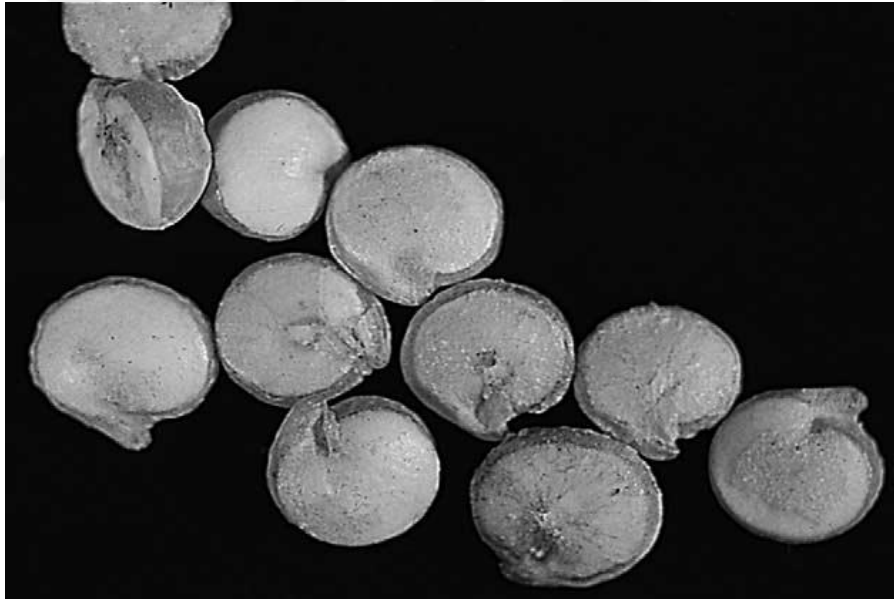


Şekil 2.4 : Kinoa tohumunun yapısı; Perikarp (PE), Çekirdek Tabaka (SC), Hipokotil-radikal eksen (H), Kotelidonlar (C), Endosperm (EN), Radikül (R), Fünik (F), Sürgün ekleri (SA), Perisperm (P) (James, 2009).

2.2.2 Kinoanın kompozisyonu

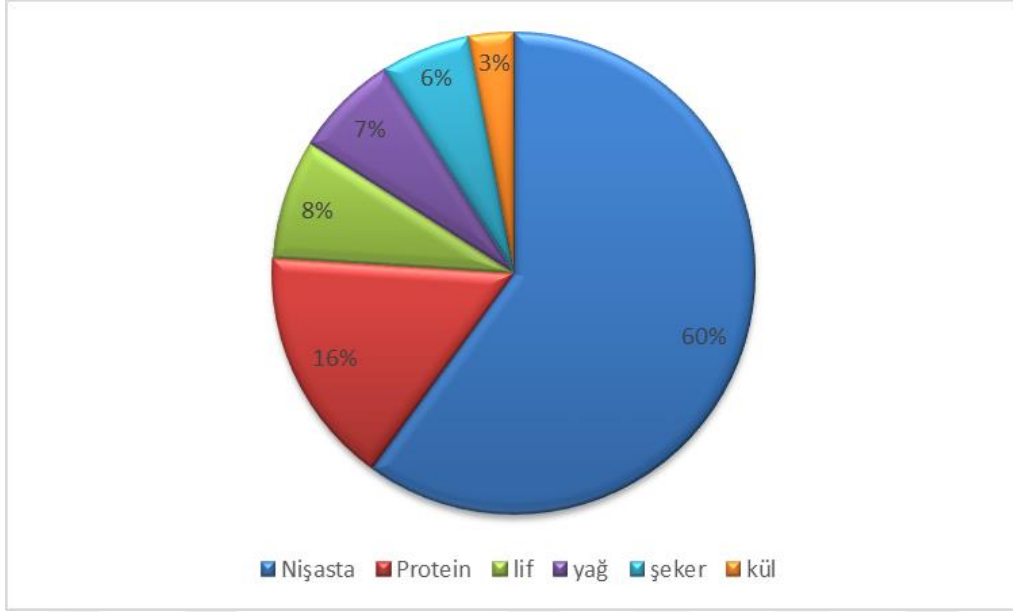
Kinoa taneleri, amarant ve karabuğday gibi pseudo-cereal (tahıl benzeri) grubuna dahil edilen, gluten içermeyen (glutensiz) müthiş bir besin kaynağıdır (Alvarez-Jubete ve diğ, 2009). Şekil 2.5'te kinoa tohumunun görüntüsü verilmiştir. Son yıllarda kinoa tohumları, vejan ve vejeteryanların beslenmesinde oldukça tercih edilen bir besin grubu haline gelmiştir (Barton ve diğ, 2009). Yapılan bir çok çalışmalarda kinoanın dünyada açlık sorununa çare olabileceği düşünülen bitkiler grubunda yer aldığı ortaya konulmuştur (Keskin ve Evlice, 2015). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2013 yılı 'Uluslararası Kinoa Yılı' olarak ilan edilmiştir (Iglesias-Puig ve diğ, 2015).

İnsan sağlığı için iyi bir vitamin, mineral, lif, yüksek kaliteli protein, esansiyel yağ, karbonhidrat kaynağıdır ve enerji değeri diğer tahıllara oranla daha yüksektir (Ahamed ve diğ, 1998; Navruz-Varli ve Sanlier, 2016).



Şekil 2.5 : Kinoa tohumu (Valencia, 2003).

Kinoada bulunan kimyasal bileşim, toprağın yapısına, ortama, iklim faktörlerine, kültürel uygulamalara ve yetiştirme çeşitliliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir ve 555 kinoa tohumu çalışmasında elde edilen besinsel aralıkları şu şekilde verilmiştir; protein (10.21–18.39%), yağ (2.05–10.88%), diyet lifi (3.46–9.68%), kül (2.12–5.12%), karbonhidrat (52.31–72.98%) ve enerji değeri (1.31×10^4 – 1.68×10^4 kJ kg⁻¹) (Valencia ve ark, 2016). Şekil 2.6'da kinoanın kompozisyonu verilmiştir.



Şekil 2.6 : Kinoanın kompozisyonu (Scanlin ve Lewis, 2017). Kinoada %60 oranında nişasta, %16 oranında protein, %8 oranında lif, %7 oranında yağ, %6 oranında şeker ve %3 oranında kül bulunmaktadır.

2.2.2.1 Protein ve aminoasit içeriği

Kinoa, gluten kaynağından yoksun olması ve de uygun aminoasit profiline sahip olmasından dolayı önemli bir protein kaynağıdır (Föste ve ark, 2015). Buğday, mısır ve pirince göre daha yüksek protein içeriğine sahiptir ve bu oran ortalama %8 ile %22 arasında değişiklik göstermektedir (Scanlin ve Lewis, 2017; Jancurova ve ark, 2009). Kinoada bulunan temel proteinler albüminler ve globülinler olup toplam proteinin %80'ini oluşturmaktadır. Albumin ve globulinlerin tersine prolamin miktarları ise çok düşüktür (Schoenlechner, 2017). Kinoada bulunan proteinin kalitesi yapılan araştırmalarda süt proteini olan kazeine yakın değerde tespit edilmiştir (Ranhotra ve ark, 1993). Bu durum, bitkisel kaynaklı proteinlerde görülmemiş bir besinsel farklılıktır (Demir ve Kılınç, 2016).

İnsan vücudunda sentezlenemeyen ve dışarıdan alınması gerekli olan aminoasitleri (lisin, izolösin, lösin, fenilalanin, treonin, triptofan, valin, histidin ve metiyonin) bünyesinde barındırmaktadır ve bu aminoasitlerden biri sınırlayıcı olduğu zaman diğeri de parçalanıp atılabildiği gibi insanlarda etkin olmayan büyümeye neden olabilir (Vega-G'alvez ve ark, 2010). Kinoa, mısır, pirinç ve buğdayda bulunan esansiyel aminoasit miktarları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Kinoa, mısır, pirinç ve buğdaydaki esansiyel aminoasit miktarları ($\times 10^{-3}$ kg per kg protein) (Valencia ve ark, 2016).

Esansiyel aminositler	Kinoa	Mısır	Pirinç	Buğday
Histidin	29	11	25	21
İzolosin	36	36	42	35
Lisin	54	32	38	26
Lösin	60	70	83	67
Metiyonin	36	29	35	41
Fenialanin	61	75	89	77
Treonin	30	31	37	28
Triptofan	12	11	13	13
Valin	42	49	57	44

2.2.2.2 Karbonhidrat içeriği

Karbonhidratlar kinoanın ana bileşendir ve kuru madde de %67 ile %74 oranında farklılık göstermektedir (Valencia, 2003). Karbonhidratın, sahip olduğu %58.1 ile %64.2 oran ile büyük çoğunluğunu nişasta oluşturmaktadır (Demir ve Kılınç, 2016). Düşük miktarda disakkaritler (%2.3), ham lif (% 2.5-3.9), monosakkaritler (%2), pentosanlar (% 2.9-3.6) içermektedirler (Valencia, 2003). Amiloz içeriği %11 civarında olup nişasta granüllerinin büyüklüğü 0,6 ile 2 μ m arasında değişiklik gösterir (Demir ve Kılınç, 2016; Scanlin ve Lewis, 2017). Nişasta boyutu pirinç ve arpaya göre daha küçüktür (Scanlin ve Lewis, 2017). Amiloz içeriğine bağlı olarak jelatinleşme sıcaklığı değişiklik göstermektedir (Schoenlechner, 2017). Dirençli nişasta oranı buğdaya göre daha düşüktür (Mikulikova ve Kraic, 2006). Yüksek oranda amilopektin içeriği; donma-çözülme kararlılığı, retrogradasyona direç gibi önemli işlevsel özellikler kazandırır (Scanlin ve Lewis, 2017).

2.2.2.3 Lipit ve yağ asidi içeriği

Yapılan bir çok çalışmalar, kinoa tohumunda bulunan yağ oranının bitkiler ile kıyaslandığında fakir tahıl grupları ile kıyaslandığında zengin olduğunu ve ortalama %1.8 ile %9.5 oranında olduğunu ileri sürmüşlerdir (Keskin ve Evlice, 2015; Bhargava ve diğ, 2006). Çizelge 2.2’de bazı çalışmalardaki yağ aralıkları ve ortalama değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Kinoa tohumunun yağ oranları.

Referans	Aralık	Ortalama
Scanlin ve Lewis,2017	%1,8-9,5	5,6
Schoenlechner,2017	%4-9,7	6,8
Valencia,2003	%2-10	6

Kinoa tohumu yağı %89,4 oranında doymamış yağ asitleri %54,2 ile %58,3 oranında çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) içermektedir. Çoklu doymamış yağ asitleri genellikle 18:2n-6 ve 18:3n-3 tür ve omega 6 ile omega 3 oranı 6/1'dir. Bu özelliği ile de diğer bitki yağlarına göre daha elverişlidir (Graf ve diğ, 2015). Temel yağ asitleri oranı ise Linoleik %50 oranından fazla, Oleik %20 oranından fazla ve Palmitik asit %8 oranından fazladır (Schoenlechner, 2017). Ayrıca, α Linolenik asit içerektedir (Vidueirue ve diğ, 2015).

Doğal antioksidan yapısına sahip olan E vitamininin ve yağ içeriğinin yüksek miktarda olması sebebiyle kinoa, hızlı lipid oksidasyonunun önlenmesine de olanak sağlamaktadır (Demir ve Kılınç, 2016).

2.2.2.4 Mineral madde içeriği

Kinoa başta olmak üzere pseudo-cereal türleri önemli derece de mineral kaynağıdırlar (Alvarez-Jubete ve diğ, 2010). Diğer tahıllar gibi kinoada bulunan mineral içeriği kepeğin dış tabakasında toplanmıştır (Demir ve Kılınç, 2016). Kinoada bulunan toplam mineral madde içeriği tahıllarinkine oranla iki kat daha fazladır ve özellikle demir, çinko, magnezyum, kalsiyum bakımından oldukça zengindir (Schoenlechner, 2017). İnsan beslenmesi için gerekli olan mineral madde değerleri örneğin kalsiyum (275 ila 1487 mg / kg), bakır (2 ila 51 mg / kg), demir (14 ila 168 mg / kg), magnezyum (260 ila 5020 mg / kg), fosfor (1400 ila 5300 mg / kg), potasyum (75 ila 12000 mg / kg) ve çinko (28 ila 48 mg / kg) kinoada mevcuttur (Graf ve diğ, 2015). Yapılan çalışmalarda verilen değerler aşağıdaki çizelgelerde belirtilmiştir. Kalsiyum ve fosfor gibi mineraller perikarp duvarının pektik bileşikleriyle ilişkiliyken magnezyum ve potasyum gibi mineraller embriyo içerisinde yer almaktadır (Schoenlechner, 2017).

Iglesias-Puig ve diğ(2015)'nin yapmış olduğu çalışmada belirtilen mineral değerleri Çizelge 2.3'te verilmiştir;

Çizelge 2.3 : Ca, Fe, Zn değerleri.

	Ca	Fe	Zn
Değerler	0.35-1.28mg/g	17-34 µg/g	23-48 µg/g

Bhargava ve diğ. (2006) 'nin yapmış olduğu çalışmada belirtilen mineral değerleri Çizelge 2.4'te verilmiştir;

Çizelge 2.4 : Ca, P, Fe, K, Na, Zn değerleri.

Mineraller	Ca	P	Fe	K	Na	Zn
Değerler	1274	3869	20	6967	115	48

Stikic ve diğ. (2012)'nin yapmış olduğu çalışmada belirtilen mineral değerleri Çizelge 2.5'te verilmiştir;

Çizelge 2.5 : Ca, P, Fe, K, Na, Zn değerleri.

Mineraller	Ca	P	Fe	K	Na	Zn
Değerler	4.50 g/kg	2.40 g/kg	49.6 mg/kg	9.52 g/kg	2.20 g/kg	18.70 mg/kg

Demir ve Kılınç (2016)'nın yapmış olduğu çalışmada kinoa ve buğdayın mineral değerleri karşılaştırılmış ve Çizelge 2.6'te verilmiştir;

Çizelge 2.6 : Kinoa ve Buğdayın mineral madde kompozisyonu.

Mineraller	Kinoa	Buğday
Ca	1487	503
Mg	2496	1694
K	9267	5783
P	3837	4677
Fe	132	38
Cu	51	7
Zn	44	47

2.2.2.5 Vitamin içeriği

Kinoa E vitamini, A vitamini, B₁ , B₂ yani riboflavin ve B₃ vitaminleri, C vitamini bakımından oldukça zengindir (Demir ve Kılınç, 2016; Scanlin ve Lewis, 2017; Tang ve diğ. 2015). 100g kinoa da tespit edilen riboflavin oranı çocuklarda %80 yetişkinlerde ise %40 oranında riboflavin ihtiyacını karşılamaktadır(Navruz-Varli ve Sanlier,2016). Kinoa da bulunan alfa-tokoferol, tokoferol, gamma-tokoferol ve beta-tokotrienol besinsel olarak önemli parametreler oluşturmaktadır (Schoenlechner,

2017). Vilcacundo ve Herná'ndez-Ledesma (2016) yapmış oldukları çalışmada C vitamini oranının 4.0 ile 16.4 mg/100g şeklinde olduğunu belirtmişlerdir.

Aynı zamanda önemli bir vitamin kaynağı olan folik asit bakımından da oldukça zengindir (Schoenlechner ve diğ., 2010). Schoenlechner ve diğ. (2010) yapmış oldukları çalışma da kinoa, amarant, buğday ve karabuğdayda bulunan folat(folik asit) miktarını değerlendirmişler ve kinoanın buğdaya göre 10 kat daha fazla folat içerdiği tespit edilmiştir. Dünya sağlık örgütü, gebe olmayan bireyler için günlük folik asit miktarını 170 µg olarak belirlemiştir (Budak, 2002), kinoada folik asit için yüksek bir kaynak olarak düşünülebilir.

2.2.2.6 Lif

Kinoada bulunan diyet lif içeriği tahıllarda bulunan diyet lif içeriğiyle hemen hemen aynı değerde olup, su kullanılabilirliği, toprak durumu gibi çevresel faktörlerden veya saponinin uzaklaştırılması gibi etkenlerden etkilenebilmektedir (Schoenlechner, 2017). Ancak yapılan bir çok çalışmalarda, kinoada bulunan diyet lifi oranı %8 ile %13 aralığında belirlenmiştir (Scanlin ve Lewis,2017).

Rantohra ve diğ. (1993)'nin yapmış olduğu çalışmada diyet lifi oranı % 8.9'dur ve bu değer %1.2'si çözünür lif iken, %7.7'si çözünür olmayan diyet lifidir.

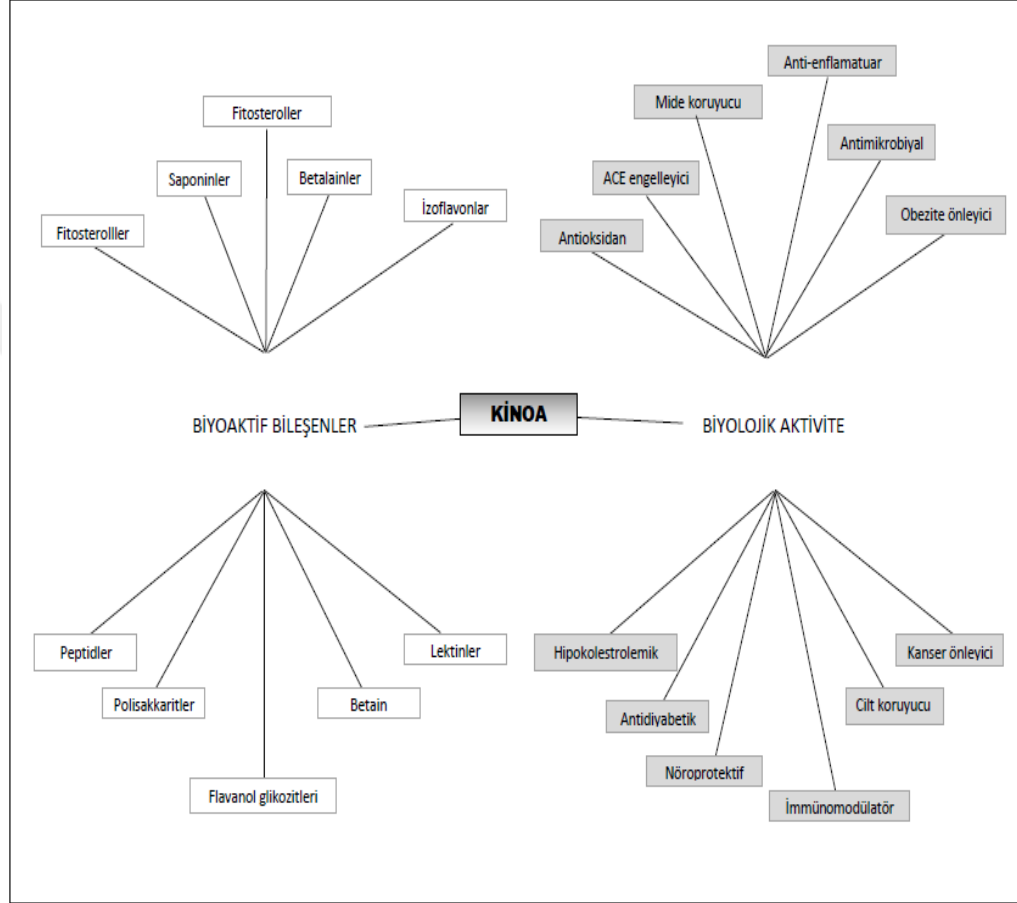
Lamonthe ve diğ. (2015)'nin yapmış oldukları çalışmada diyet lif oranı %10 iken bunun %78'i çözünür olmayan diyet lifidir.

Valencia ve diğ. (2016)'nin yapmış oldukları çalışmada; diyet lifinin kandaki kolesterol seviyesini düşürebildiği ve sindirime yardımcı olduğunu böylelikle günlük beslenme içeriğine kinoa tahılının da dahil olmasının faydalı olacağını vurgulamışlardır.

2.2.2.7 Biyoaktif bileşenleri

Kinoa tahılı yüksek oranda biyoaktif bileşen yani saponin, polifenol, folik asit, flavonoid içerdiği gibi aynı zamanda da iyi bir antioksidan aktivitesine sahiptir (Demir ve Kılınç, 2016; Repo-Carrasca-Valencia ve Serna, 2011). Kinoada tanımlanmış olan biyoaktif bileşikler ve biyolojik aktiviteleri Şekil 2.7'de verilmiştir (Vilcacundo ve Ledesma, 2016). Repo-Carrasco and Astuahuaman (2011)'in yapmış olduğu birden fazla kinoa çeşidi analiz çalışmasında galik asit oranı 1.66 mg/g ile 3.28 mg/g aralığında tespit edilmiştir.

Repo-Carnasca-Valencia ve diğ. (2010) ‘nin kinoa üzerinde yaptıkları çalışmada Ferulik asit, Kafeik asit, p-hidroksibenzoik asit, p-kumarik asit ve vanilik asit elde etmişlerdir. Aynı zamanda iyi bir fenolik bileşik kaynağı olduğunu ve flavanoid içeriğinin kıızılcık gibi flavanoid bakımından zengin besinlerden daha yüksek miktarda olduğunu öne sürmüşlerdir.



Şekil 2.7 : Kinoa da tanımlanmış biyoaktif bileşikler ve biyolojik aktiviteleri (Vilcacundo ve Ledesma, 2016).

2.2.2.8 Antibesinsel faktörler ve alerjenite

Antibesinsel faktörler

Yüksek besin değerine sahip kinoa da beslenmeyi olumsuz etkileyen saponin, fitik asit, proteaz inhibitörü gibi bileşikler de mevcuttur (Ahamed ve diğ,1998). Saponin oranı acı ve tatlı genotip tohumlarında ki duruma göre farklılık göstermekte olup; tatlı genotip tohumunda bulunan oranı 0.2 ile 0.4 g / kg kuru madde şeklinde, acı genotip tohumunda bulunan oranı 4.7 ile 11.3 g / kg kuru madde şeklindedir (Mastebroek ve diğ, 2000). Yani dış yüzeyi acı saponin tarafından zengindir ve bu

saponin çok sayıda şeker pancarından meydana gelmektedir (L.Graf ve diğ, 2015). C-3 ve C-28 pozisyonlarında aglikon ile bağlantılı olan bu şekerlerin ana kısımları glikoz, galaktoz, glukuronik asit, ksiloz ve arabinozdan oluşmaktadır (Madl ve diğ, 2006).

Saponinin gövdeleri 6,5 µm çapında ve küre şeklinde olup 2.2 µm çapında olan dört veya beş taneciğin kümeleşmesi şeklinde gözükmetedir. Gövdede bulunan oranı ise %34 civarındadır (Schoenlechner, 2017). Soliz-Guerrero ve diğ. (2006) saponin içeriğinin toprak-su eksikliğinden etkilendiği tespit etmişlerdir.

Acı ve sabunumsu tada sahip olan saponinler ürünün lezzet ve kalitesini, sindirilebilirliğini etkilemesi sebebiyle tüketilmeden önce uzaklaştırılması gerekmektedir (Keskin ve Evlice, 2015). Saponinleri kinoa dan ayırmak için kullanılan birkaç yöntem vardır. Bunlardan bir tanesi soğuk su içinde yıkama ve sürtme ile uzaklaştırma olan kabuk ayırma diğeri ise kuru yöntem olan parlatmadır (Bhargava ve diğ, 2006). Perispermde bazı saponinlerin kalmasından dolayı yıkama ve kurutma kadar etkili olmasa da, proses sırasında da saponin miktarı azaltılabilmektedir (Demir ve Kılınç,2016). Repo - Carresco ve diğ. (2011)'nin yapmış olduğu çalışmada saponinin 8 katı su ile yıkandığında uzaklaştığını öne sürmüşlerdir.

Yakın tarihe kadar saponin toksik olarak bilinmekteydi ancak şimdilerde endüstriyel alanda, gıda alanında ve insan beslenmesinde yeri olduğu da öne sürülmektedir. Örneğin Valencia(2013) yapmış olduğu çalışma da; saponinin insan beslenmesinde kullanılması kolesterolü ve safra tuzu konsantrasyonu üzerinde etki yarattığını belirtmiştir. Ayrıca insan sağlığında antikanser, antifungal, antiviral, hipoglis başta olmak üzere önemli etkileri de vardır (Graf ve diğ, 2015). Bazı saponinler ise bazı minerallerle, demir ve çinko gibi, kompleks oluşturabilirler (Valencia ve diğ, 2016). Saponinler endüstriyel olarak sabun, deterjan, şampuan, bira, yangın söndürücü, kozmetik ve ilaç gibi alanlarda kullanılması açısından büyük öneme sahiptir (Bhargava ve diğ, 2006).

Tahıl türlerinde fitik asit embriyo ve rüşeymde bulunurken kinoada embriyo, rüşeym ve dış katmanda da bulunmaktadır (Keskin ve Evlice, 2015). Kuru madde de bulunma oranı %1 ile %3 arasındadır ve beş farklı kinoa çeşidinde elde edilen fitik asit değeri ortalama 1.18 g /100g şeklindedir (Jancurova ve diğ, 2009).

İn vivo ve in vitro olarak yapılan bir çok çalışmalar; fitik asidin demir, mineral, kalsiyum gibi iki değerlikli minerallerle çözünmeyen kompleksler oluşturmamasından dolayı insan bağırsağındaki mineral madde absorpsiyonunu engellediğini öne sürmüşlerdir (Valencia, 2003).

Kinoanın ısıtılması, işlenmesi, pişirilmesi gibi işlemlerle de fitik asit miktarı azalmaktadır (L. Graf ve diğ, 2015). Aynı zamanda kinoa tohumunun çimlenmesi fitat miktarını azaltabilir (Schoenlechner, 2017).

Proteaz aktivitesi hemogloblin ile birlikte substrat olarak tespit edilmiştir (Jancurova ve diğ, 2009). Ahamed ve diğ. (1998)'nin yapmış oldukları çalışma da kinoa proteaz inhibitörü miktarının 50 ppm'in altında olduğunu ve bu sebeple tehlike açısından çok önem arzetmediğini belirtmişlerdir.

Alerjenite

Çölyak hastalığı, bir çok tahıl ve buğday türlerinin sebep olduğu bağırsakta sindirilememesi ve tüketildiğinde ise bağırsakta kendiliğinden oluşan hasara, işlevselliğinin ciddi şekilde bozulmasına sebep olan hastalıktır. Diğer bir deyişle; en önemli etken gluten proteininin gliadin alt fraksiyonu olması ve bu gıdaların besin listesine eklenerek tüketilmesi sonrasında mineral ve vitamin grupları öncelikli olarak, vücudun ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin emilimini azaltmasıdır (Caperuto ve diğ,2001; Seçil ve Özkaya, 2006; Fric ve diğ, 2011). Tek etkili yöntem ise bu tür besinlerin kesinlikle kullanılmamasıdır (Fasano ve Catassi,2001;). Nüfusun %8 ile %10 aralığında ki bireyler glutensiz beslenmeye uymak zorunda olan kişilerdir ve bu sebeple glutensiz ürünleri tüketmeye meyil git gide artmaktadır (Schoenlechner, 2017).

Gluten hastalığının oluşmasındaki ana etkenler, anne sütünün erken yaşta bırakılarak glutenli gıdalar tüketilmesi ve günlük tüketim miktarının fazla olması ile doğru olmayan beslenme alışkanlıklarıdır. Finlandiya'da yapılan çalışma da çölyak hastalığının başlangıç yaşı 5 ile 6 yıl arasında arttığı belirtilmiştir (Malekzadeh ve diğ, 2005). 2 yaşına kadar hastalığın semptomları kusma, ishal, iştahsızlık, kilo verme, kabızlık ve büyüme yavaşlamasıyla yetişkin ve büyük yaş çocuklarında sebebi belli olmayan veya çözüm bulunamayan kansızlık ve kemik zayıflamasıdır (Seçil ve Özkaya, 2006). Hayatın bazı dönemlerinde belirtilerle tespit edileceği gibi bazı hastalarda belirti oluşturmada nadir seyredebilmesi gluten hastalığının tanısını

zorlaştırmaktadır. Belirtilerinin tespitinde endomizyum antikorları, transglutaminaz antikorları, antigliadin antikorları incelenip sonucun pozitif çıkması durumunda ince bağırsak araştırması yapılmaktadır (Urgancı, 2005).

Kinoa, yapısında alerjeniteye sebep olan gluten proteini içermemesinden dolayı rahatlıkla çölyak hastaları kullanılabilirliği yüksek ve alerjilerini indirmek için hazırlanmış gıdalar ve bebek gıdaları için mükemmel bir besin kaynağıdır (Lindeboom, 2005). Aynı zamanda vejan ve vejeteryanların da protein ve karbonhidrat ihtiyacı için önemli besin değerine sahiptir. Glutensiz olması özelliği ile hem yetişkinlerin hem de bebeklerin beslenmesinde oldukça fayda sağlayan alternatif bir üründür (Sezen ve diğ.,2014). Böylelikle kinoa da raflarda sıklıkla satışa sunulmaktadır (Geren ve diğ., 2014).

Graf ve diğ. (2015)'nin yaptığı çalışmada 19 çölyak hastasının her gün ortalama 50 gram kinoa tükettiği ve mine-bağırsak parametreleri incelendiğinde değerlerin sabit kaldığı aktarılmıştır. Çok az miktarda prolamin içermektedir (Scanlin ve Lewis,2017).

2.2.2.9 Kinoa nişastası

Tohumun neredeyse %55'inden meydana gelen nişasta, kinoanın ana temel bileşenidir ve perisperm içerisinde granüller tekli veya çoklu bileşik yapılar halinde bulunabilir (Lindeboom, 2005). Bu granüller mısır (1-23 µm) ve buğday (2-40 µm) ile karşılaştırıldığında çok daha küçük değere sahiptir (Valencia, 2003). Nişasta, ekstrakte edilebilirliğini, sindirilebilirliğini azaltan ve nişastanın enzimatik hidrolizini azaltan bir protein matrisi içine gömülmektedir (Lindeboom,2005).

Nişasta α-1,4 bağlarıyla birbirine bağlanan, amilopektin ve amiloz oluşturmak için α-1,6 bağlarıyla dallanma gösteren glikoz artıklarından meydana gelir. Amilopektin dallı bir yapı gösterirken amiloz doğrusal bir yapıya sahiptir ve kinoa nişastasında bulunan amiloz diğer nişastada bulunan amiloz yapısına göre daha dallıdır (Ball ve diğ., 1998; Li ve Zhu, 2018a). Genelde amilopektin kümeler halinde bulunarak çift helezon oluşumuna olanak verir, rastgele oluşum göstermez. Oluşan sarmallar, amilozdan meydana gelen amorf bölgelerden ayrılarak kristalin tabakalarda bir arada oluşabilirler ve bu durum nişastanın yarı kristal yapısının temelini meydana getirmektedir (Lindeboom,2005). Nişasta da amiloz oranı ortalama % 20-25 civarındayken amilopektin oranı ortalama % 75-80 arasında değişiklik

göstermektedir ancak yapılan bir çok çalışmalarda kinoa nişastasında bulunan amiloz oranının %7 ile %27 oranında değişkenlik gösterebildiğini belirtmektedir (Demirci, 2016; Lindeboom, 2005).

Kinoa nişastasında mevcut olan amiloz içeriği %11 civarında olup bu oran tahıllara göre daha düşüktür. Örneğin buğdayda bulunan amiloz oranı %27, pirinç %17 ve arpa %26 şeklindedir ve yapısında bulunan amiloz içeriği ile ilgili bir çok çalışmalar yapılmıştır (Vega Galvez ve diğ, 2010; Valencia, 2003; Atwell ve diğ, 1982; Tang ve diğ, 2002). Inouchi ve diğ (1998)'nin yapmış olduğu çalışmada ise kinoa nişastasında amiloz oranı %24.7 ile %27 aralığında değişkenlik göstermektedir fakat farklı tür kinoa çeşitlerinde yapılan çalışmalarda amiloz oranı %7 ile %15 aralığında tespit edildiği de belirtilmiştir. Amiloz içeriği nişastanın yapısında bulunan jelatinleşme entalpisi, retrogradasyonu, yapışma özelliği ve şişme özelliği gibi fizikokimyasal özelliklerini önemli derecede etkilemektedir (Li ve diğ, 1994; Wootton ve diğ, 1998; Baldwin 2001; Svegmarm ve diğ, 2002).

Kinoa nişastası ortalama 11.3×10^6 g/mol kütleyle sahiptir ve bu değer amarant (11.8×10^6 g/mol) ile karşılaştırılabilir bir değerdeyken buğdaya (5.5×10^6 g/mol) göre daha yüksek mısır nişastasına (17.4×10^6 g/mol) göre ise daha düşük bir kütleyle sahiptir (Lindeboom, 2005).

Buğday nişastasına göre kinoa nişastası daha yüksek su tutma kapasitesi ve vizkoziteye sahipken daha düşük jelleşme entalpisine sahiptir (Engeti ve diğ, 2014). Kinoa nişastasının jelatinleşme yapısı kristalin boyutu, oranı, nişastanın yapısı gibi faktörlere bağlıdır (Lindeboom, 2005). Inouchi ve diğ. (1998)'nin yapmış oldukları çalışma da kinoa nişastası, mısır nişastası ve amarant nişastasının jelleşme sıcaklıkları incelenmiştir. Kinoa nişastası amarant ve mısıra göre daha düşük jelleşme sıcaklığına sahip olduğu belirtilmiştir. Bu değerler kinoa nişastası için $T_0 = (46.1-57.4 \text{ } ^\circ\text{C})$, $T_P = (54.2-61.9 \text{ } ^\circ\text{C})$, $T_C = (66.2-68.5 \text{ } ^\circ\text{C})$ ve $\Delta H = (7.3-10.5 \text{ j/g})$, Mısır için $T_0 = (63.6-65.3 \text{ } ^\circ\text{C})$, $T_P = (63.2-69.9 \text{ } ^\circ\text{C})$, $T_C = (75.2-78.9 \text{ } ^\circ\text{C})$ ve $\Delta H = (12.3-13.8 \text{ j/g})$, Amarant için $T_0 = (63.2-71.6 \text{ } ^\circ\text{C})$, $T_P = (71.2-76.9 \text{ } ^\circ\text{C})$, $T_C = (79.4-83.9 \text{ } ^\circ\text{C})$ ve $\Delta H = (9.5-13.5 \text{ j/g})$ şeklindedir. Büyük granül nişastalar küçük granül nişastalara göre daha yüksek jelatinleşme sıcaklığına sahiptir (Goering ve Dehaas, 1972). Fakat, Lindeboom, (2005) yapmış olduğu çalışma da büyük granül nişastaların tek mod küçük granül nişastalara göre daha düşük jelatinleşme sıcaklığı olduğunu belirtmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise buğday ve arpanın jelatinleşme sıcaklığı

karşılaştırılmıştır. Büyük A-granülleri küçük B-granüllerine göre daha düşük jelatinleşme sıcaklığı olduğunu belirtmiştir (Myllärinen ve diğ, 1998). Kinoa nişastasının sahip olduğu jelleşme entalpisi (ΔH) 7.3-10.5 J/g iken bu değer mısır nişastasında 17.2-20.5 J/g, pirinç nişastasında 14.2-16.3 J/g, buğday nişastasında 12.1 J/g ve patates nişastasında 18.8 J/g'dır (Inouchi ve diğ,1998; Lindeboom,2005). Buğday nişastası ile kinoa nişastası benzer jelatinleşme sıcaklığına sahip olmasına rağmen, kinoa nişastasının yapışma şekli ve davranışı buğday nişastasına göre oldukça farklıdır. Eş değer nişasta konsantrasyonu kullanılarak yapılan çalışma da kinoa nişastasının buğday nişastasına göre daha yüksek vizkozite değerine sahip olduğu Brabende ünitesinde belirtilmiştir (Atwell ve diğ, 1982). Buğday ve arpa nişastası ile karşılaştırıldığında, kinoa nişastasının daha yüksek su bağlama kapasitesine ve daha yüksek şişme gücüne sahip olduğu dile getirilmiştir (Lindeboom,2005). Lindeboom ve diğ,(2005) yapılan birçok çalışmalarda buğday, pirinç, amarant, arpa, mısır ve patates nişastasının kinoa nişastasına göre daha düşük şişme gücüne sahip olduğunu belirtildiğini ancak yapısındaki amiloz içeriğiyle değişiklik gösterebileceğini belirtmiştir. Yine aynı çalışma da su tutma kapasitesi mısır çeşitlerine göre daha düşük değerde tespit edilmiştir. Ahamed ve diğ, (1998)'nin yapmış olduğu çalışma da ise kinoa nişastasının şişme gücü mısır nişastasına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dondurma-çözülme stabilitesinin ise sıra dışı bir değere sahip olduğunu ve bu durumun en büyük etkeni %10 civarında amiloz içeriğine sahip olmasından kaynaklanıyor olabileceği vurgulamışlardır. Kıyaslanacak olursa amarant, buğday ve karabuğday nişastasına göre kinoa nişastası daha düşük dondurma-çözülme stabilitesine sahiptir (Lindeboom,2005).

Küçük boyutlu olan bu nişastalar gıda ve gıda dışı uygulamalarda, kozmetik, şekerleme, lezzet taşıyıcıları, kauçuk lastik kalıp ayırıcıları gibi çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılabilir (Li ve Zhu, 2018a; Ahamed ve diğ, 1996). Ayrıca kinoa nişastası, retrogradasyon ve donma özelliklerinde çok iyi stabiliteye sahip olmasından dolayı endüstride modifiye edilmiş nişastaların yerine de kullanılabilmektedir (Keskin ve Evlice, 2015).

2.2.3 Kinoa yetiştiriciliği

M.Ö. 3000 yılından bu yana Bolivya ve Peru’da tarımı yapılan kinoanın anavatanı Güney Amerikadır (Keskin ve Evlice, 2015). ABD’ de 10 yıldır tüketilmekte olan kinoa son yıllarda ülkemizde de duyulmaya başlamıştır (Demir ve Kılınç, 2016). Elde edilen verilere göre 2011 yılında Peru kinoa üretimini 80.000 tona çıkartmıştır. Bolivya ise iki yıl içerisinde üretimini %63 oranında arttırmıştır (Scanlin ve Lewis, 2017). Peru, Bolivya ve Ekvador’da 1992 ile 2010 yılları arasında üretim miktarını üç katına çıkartmış, üretim alanını ise iki katına çıkartmıştır. Ülkemizde yeni yeni tanınan ve 2012-2013 yıllarında ithalatı yapılmaya başlanan kinoa (Keskin ve Evlice, 2015) kendine özgü tat, aroma ve kokuya sahip olması Türk damak tadı içinde önemli yere sahip olmaya başlamıştır (Koyun, 2013).

Kültür bitkilerinde büyüme ve gelişmeyi etkileyen en önemli faktörler toprak tipi, çeşit, gübreleme, iklim, sulamadır. Kinoa yetiştiriciliğinde de ekim zamanının, ekim hızının belirlenmesi oldukça önemlidir (Geren ve diğ, 2014; Rıısı, 1991). Nemli toprakları tercih etse de kurak ve yarı kurak bölgeler, alçak bölgeler, tuzlu topraklar ve tuzlu su bataklıklarında da yetişebilir ve tüm çeşit topraklara uyum sağlayabilir (Gonzalez ve diğ, 2009). Yüksek rakım, az yağış, sıfırın altında soğuk hava, sıcak hava, hafif soğuk hava, tuzlu ve alkali toprakta hayatta kalabilir (Brady ve diğ, 2007). Çiçeklenme döneminde soğuğa karşı hassasiyetleri daha yüksektir. Gelişme süreleri 90 ile 220 gün arasında değişiklik göstermektedir (Tan ve Yöndem, 2013).

Azot değeri kinoa verimliliğinde güçlü bir etkiye sahiptir (Schulte ve diğ, 2005). Avusturya’da yapılan bir çalışma da sırasıyla azot miktarı arttırılarak ekim yapılmış ve azot değeri en az olandan en çok olana doğru daha çok kinoa tohumu elde edildiği tespit edilmiştir (Tan ve Yöndem, 2013). Ancak azot miktarı çok yüksek seviyelere çıkarıldığı zaman yavaş olgunlaşmaya sebep olduğu için verimi azalttığı gözlenmiştir (Oelke ve diğ, 1992).

Kinoa bitkisi yılda 250-380 mm suya ihtiyaç duyar ve iyi bir vejetatif büyüme için soğuk hava şartlarını sever. Yağış miktarının yetersiz olduğu Ağustos gibi aylarda sulama yapılmalıdır (Tan ve Yöndem, 2013; Oelke ve diğ, 1992). Kinoa tohumları 8-10°C arasında toprak sıcaklığında optimum çimlenme göstermektedir. İdeal ekim derinliği ise 1-2 cm olarak tespit edilmiştir. Türü özelliğine bağlı olarak değişim göstermekle birlikte ortalama gelişim süresi 90 ile 180 gün arasındadır (Kaya, 2010).

2.2.4 Nişastanın fizikokimyasal özellikleri

Nişastanın fizikokimyasal özellikleri ürünün yapısına, çevresel faktörlere, genetik materyaline bağlı olarak değişiklik gösterebilir ve bu özelliklerin bilinmesi nişasta seçiminde önem arz etmektedir.

Genel olarak jelatinizasyon, nişastanın hidratasyonu ve şişmesi olarak tanımlanır, diğer bir deyişle; nişastanın yüksek derece de su ile ıslatılması sonucu yapısındaki moleküllerin parçalanması durumudur (Lindeboom,2005; Zobel,1984). Öte yandan, Roberts ve Cameron, (2002)'nın yaptıkları çalışma da su ile ıslatılması dışında alkali ilavesi yapılmasının da jelatinizasyona sebep olabileceğini belirtmiştir.

Jelatinizasyon işlemi, nişasta da viskoziteyi de etkilemektedir. Oluşan şişkinlik sayesinde amiloz molekülleri çözülür, granül bırakılarak çözünür hale gelir. Fakat nişasta bulamacında oluşan şişme ve parçalanma için sıcaklık ve viskozite artışı nişasta türleri arasında farklılık gösterebilir. Isıtma işlemi devam ettikçe azami viskoziteye ulaşılır ve viskozite de azalma meydana gelir. Bu durum nişasta bulamacının parçalanması olarak tanımlanır ve bu süreçten sonra büyük su hacmini tutamaz hale gelirler (Lindeboom,2005).

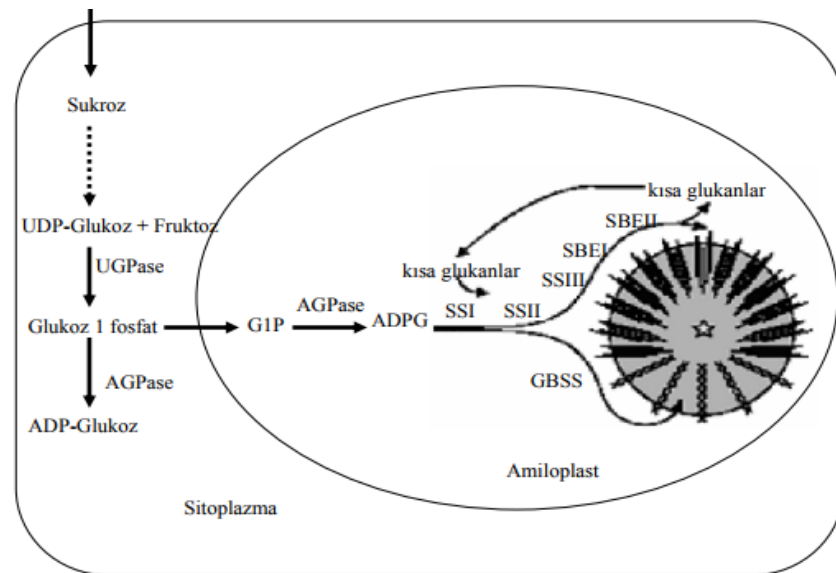
Retrogradasyon, nişasta macununun soğutulmasından sonra başlamaktadır. Hidrojen bağlarla amilozun serbest molekülleri tekrar sıralanarak bir düzenleme oluşturur. Bu durum son ürünün lezzetini ve görünümünü etkileyen macunun berraklığının azalmasına ve viskozitesinin artmasına sebep olur. Soğutma esnasında viskozitede oluşan artış nişasta macununun kötüleşmesi olarak yorumlanır. Pişen macunların depolanma ve soğutulması işlemleri, daha uzun amilopektin zincirinin hizalanmasıyla beraber amilozun ilave zincirinin yeniden düzenlenmesine sebep olur. Soğumayla birlikte jel yapısının oluşması işlemi nişasta-su konsantrasyonu miktarı yeteri kadar ise yani ortalama %3 ile %7 aralığında ise gerçekleşir ve bu özellikler kullanılan nişastaya da bağlıdır. Nişasta retrogradasyonu soğuma ile oluştuğu gibi çözünmesi ile de oluştuğu birçok gıdada karşılaşılmıştır. Çözünmesi işlemi jelin suyu reddetmesi işlemidir ve sinerez yani sıvı bırakımı olarak adlandırılmaktadır (Lindeboom,2005).

Nişastanın karakteristik özelliklerini amiloz dışında, yağ içeriği ve granül büyüklüğü, amiloz ile amilopektinin molekül ağırlıkları, moleküllerin dallanma dereceleri gibi özelliklerde etkilemektedir (Zobel, 1984).

2.2.5 Nişasta biyosentezi

Kloroplastlarda fotosentez esnasında geçici nişasta sentezlenmektedir. Diğer bir deyişle; nişasta yaprak kloroplastlarda depolandığı gibi amiloplastlarda da yani fotosentetik olmayan dokularda da depolanabilir. Geceleri sukroza parçalanıp yeşilli yapraklarda fotosentez esnasında üretilmesi sebebiyle dönüşümlü nişasta olarak isimlendirilmiştir ve dönüşümlü nişasta da baskın form amilopektindir (Ölçer ve Akın, 2008). Myers ve diğ. (2000) yapmış olduğu çalışma da nişastanın biyosentezinde ADP-glikoz pirofosforilaz, nişasta dallanma enzimleri, nişasta sentazları ve nişasta dalları kıran enzimler olmak üzere 4 farklı enzim grubunun katıldığını öne sürmüşlerdir. Şekil 2.8’de depo organlarda nişasta biyosentez yolu gösterilmiştir (Ölçer ve Akını 2008). Nişasta sentezlenmesinde rol alan genler 14 formdan oluşmaktadır. Bunlar 4 DBE, 5 SS, 3 SBE ve 2 AGPase’dir ve bunlardan 13 gen tüm bitki çeşitlerinde homolojidir (Morell ve Myers, 2005).

ADP-glikoz pirofosforilaz enzimi depo ve kaynak dokularda mevcuttur. Tohumda farklı spesifik kodları olmasından dolayı bulunduğu yer bitkiye göre farklılık gösterirken dokularda ise plastid içinde yer alır. Nişasta sentaz enzimleri ise granüle bağlı veya serbest halde bulunan nişasta sentaz enzimleri (SSI, SSII ve SSIII) ile nişasta granüllerine sıkıca bağlanmış granüle bağlı nişasta sentaz enzimleri (GBSS) olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 2.8 : Depo organlarda nişasta biyosentez yolu. Enzimler, UGPase, UDP-glikoz pirofosforilaz; AGPase, ADP-glikoz pirofosforilaz; SS, Nişasta sentaz; GBSS, Granüle bağlı nişasta sentaz; SBE, Nişasta dallanma enzimi (Ölçer ve Akın, 2008).

Nişasta dallanma enzimleri, glikoz zincirine nişastanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen α -(1,6) glikozidik bağlarla glikoz ekler. Şekil 2.7’de gösterildiğı üzere sentaz tarafından parçalanan ve doku hücrelerine giren sukrozdan UDP-glikoz ve früktoz elde edilir. AGPase glikoz-1-fosfatdan ATP yardımıyla ADP-glikoz ve pirofosfat (PPi) oluşum reaksiyonu katalizlenmesi sonucu biyosentezin ilk aşaması tamamlanır. Nişasta sentaz enzimlerinin substratı ise ADP-glikozdur. ADP-glikoz aracılığıyla nişasta sentaz enzimleri, glikozil ünitelerini α -1,4-glukanların indirgenmeyen uçlarına transfer eder (Ölçer ve Akın, 2008).

2.2.6 Nişastanın izolasyonu

2.2.6.1 Ticari nişasta

Nişastanın lif, yağ ve proteinden ayrılması işlemi üretimin ‘asıl endüstriyel süreci’ olarak tanımlanmaktadır. Süreçte en önemli etkenler nişasta moleküllerinde meydana gelebilecek hasarların önlenmesi, nişastada oluşan jelatinizasyonun engellenmesi, ufak granüllerde oluşan kaybın azaltılması ve nişastanın proteinlerinden ayrılma işleminin etkili şekilde gerçekleşmesidir. Çok çeşit tahıl ürünü nişasta izolasyonu için kullanılmaktadır (Lindeboom,2005).

İzolasyon işlemini gerçekleştirebilmek için belli başlı teknikler gerekmektedir ve izolasyon yöntemlerinde, nişastanın saflığını, özelliklerini ve verimini etkileyen en uygun teknik seçilmelidir (Maniglia ve Tapi-Blacido, 2016). Nişasta izolasyonu için çok sayıda yöntem mevcuttur ve ticari nişasta izolasyonunda kullanılan başlıca teknikler şunlardır: Santrifüjleme, su ile nişasta süspansiyonu oluşturma, rendeleme veya öğütme, dehidrasyon, saflaştırma ve kurutma işlemleridir (Gutierrez-me ve diğ, 2014; Maniglia ve Tapi-Blacido, 2016). Santrifüj yöntemi başta yağ ve protein olmak üzere nişastadan farklı bileşenlerin ayrılmasında kullanılan en önemli ticari yöntemdir. En başlarda yapılan saflaştırma işleminde ise nadirde olsa, nişasta izolasyonunun esnasında farklı bileşiklerden arındırmak için kullanılan fiziksel ve kimyasal yöntemler nişastanın özelliklerini etkileyebilir (Reis ve diğ,2011).

Nişasta izolasyonun da alkali, asit veya enzimatik yöntemler gibi yöntemlerin kullanılması iyi sonuçlar vermektedir (Reis ve diğ,2011). Belhadi ve diğ. (2013) yapmış oldukları çalışma da mısır ve sorgumdan nişasta izolasyonu sağlarken alkali ve asit yöntem kullanmışlardır ve daha verimli sonuçlar elde etmiştir. Palacios-Fonseca ve diğ. (2013) mısır nişastasını 3 farklı yöntemle izole etmişlerdir.

Kullanılan izolasyon yönteminin nişasta granül entalpisini, amiloz içeriğini ve kristal yapısını etkilediğini öne sürmüşlerdir. Aynı zamanda alkalın yöntemin amiloz bakımından zengin nişasta ürettiğini tespit etmişlerdir.

Mısır, buğday, patates gibi gıdalar nişasta izolasyonunun başlıca tahıl kaynaklarıdır. Mısır için kullanılan en yaygın yöntem ıslak öğütme işlemidir. Sülfürdioksit ve laktik asit ile doldurulur. Nişasta çöktürme, santrifüjleme ve hidrosiklonlama işlemleri gerçekleşir. Birçok uygulama sonucunda ise son ürün olan nişastada % 0.30-0.35 (db) oranında toplam protein, % 0.010-0.015 (db) oranında ise çözünebilir protein seviyeleri tespit edilebilir ve bu durum protein oranının kabul edilebilir seviyelerindedir (Lindeboom,2005).

Knight ve Olson, (1984) buğday üzerine yaptıkları çalışma da, buğday nişastasının izolasyon işleminin diğerlerine oranla farklılık gösterdiğini ve bunun sebebinin de yapısındaki buğday proteininden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir. En yaygın olarak kullanılan yöntem ıslatma işlemi ve bunu takiben yapılan santrifüjleme işlemiyle proteinlerin uzaklaştırılması işlemidir. Buğdaydan nişasta izolasyonu işleminde hemiselülaz ya da pentozanaz gibi enzimler kullanılabildiğinde ürün saflığı artabilir, işlem süresini olabildiğince azalabilir, gluten ile nişasta ayrımı iyileştirilebilir ve verimi artırılabilir.

2.2.6.2 Küçük granül nişasta

Son yıllarda küçük granül olarak adlandırılan tahıl pirinçtir. Pirinç nişastası; beyaz renkte, pürüzsüz bir dokuya sahip, yumuşak tatta ve hipoalerjeniktir. Pirinç proteinleri diğer tahıl türlerine oranla özel bir yapıya sahip olmasından dolayı pirinç nişastası izolasyonu farklı prosedürler gerektirebilir. Pirinç proteininin alkalinde çözünmesi sebebiyle endüstride alkalın ıslatma yöntemi tercih edilmektedir (Bao ve Bergman, 2018).

2.2.7 Kinoa fraksiyonasyonu

Kinoa fraksiyonasyonu ile alakalı birçok yöntem denenmiştir. Burada ki hedef, düşük maliyet ve minimum atık ile yüksek nişasta miktarı elde etmek ve yağ ve saponinden uzaklaşmasını sağlamaktır.

2.2.7.1 Nişasta üretimi

Li ve Zhu, (2018) yapmış oldukları çalışma da kinoadan nişasta elde etmek için diğer bileşenleri kullanırken ısılatma ve öğütme işlemlerini yaptığını belirtmiştir. Tohumlar yıkanır ardından su veya alkali çözeltiye batırılır ve blender ile homojen hale getirilir (Araujo-Farro ve diğ, 2010; Wright ve Huber, 2002).

Qian ve diğ, (1999) kinoa ve amaranttan nişasta elde etmişlerdir ve farklı iki kaynağı kullanarak kombine çalışmışlardır. Kinoa tohumu %0.3 sodyum hidroksit ile ısılatılmış ve bir gece oda sıcaklığında bekletilir. Ardından blender ile homojen hale getirilir. Bulamaç süzildükten sonra 2000xg'da santrifüj işlemi yapılarak süpernatant atılır. Yüzeyde bulunan proteinler uzaklaştırılarak bu işlem 3 kez tekrar edilir. Nişastanın yıkanması için deiyonize su %95 sulu etanol kullanılır. Bir gece bekletilen nişasta petrol eteri ile de yıkanarak yağdan uzaklaştırılır.

Li ve diğ, (2016) ise kinoa tohumundan nişastayı şu yöntemlerle elde etmiştir; Kinoa tohumlarını sıvı azot yardımıyla 2 dakika dondurmuştur ve ardından kahve öğütücü ile 1 dakika öğütmüştür. 100 gram kinoa unu, 30 dakika boyunca lipid ve proteinleri uzaklaştırmak amacıyla 1 L sodyum borat tamponu (%0.5 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ [w/v] ve (12.5 mM, pH 10, %0.5 sodyum dedosil sülfat (SDS) [w/v]) ile karıştırılmıştır. Ardından 10 dakika boyunca 3000 x g derecede santrifüj işlemi yapılmıştır. Kalıntı uzaklaştırılarak 1 L deiyonize su ile 10 dakika boyunca santrifüj işlemi tekrarlanmıştır. Protein kalıntılarının uzaklaştırılmak için ise distile su ile bütün gece karıştırılan nişasta bulamacı, peynir tablasından ve 140 µm'lik naylon eleklerden süzölmüştür. Tekrardan santrifüjlenen nişastadan kahverengi kalıntılar kazınarak alınmıştır ve bu işlem 6 kez tekrarlanmıştır. Oluşan fraksiyon kurutularak öğütölmüştür.

Ahamed ve diğ, (1996) alkali metodu kullanarak nişasta elde etmişlerdir. Kinoa unu 1:5 oranında %0.25 NaOH ile karıştırılmıştır. Ardından NaOH uzaklaşana kadar güzelce yıkanır. Blenderdan geçirilerek 200 gözlü elekten elenerek sıkıştırılmıştır. 15 dakika boyunca 6000 rpm'de santrifüj işlemi yapılmıştır. Oda sıcaklığında kurutularak küçültme işlemi yapılmıştır.

Lindeboom ve diğ, (2017) kinoa tohumunu 1:5 oranında deiyonize su ile 16 saat boyunca bekletip kinoa tohumlarının yumuşamasını sağlamışlardır. Ardından öğütücü yardımıyla öğütücünden geçirmiş ve karıştırıcı da 1 saat boyunca

karıştırmışlardır. 200 gözlü elekten geçirerek 20 dakika boyunca 4300 x g derecede santrifüj cihazına yerleştirmişlerdir. Her defasında kahverengi katmanı atarak bu işlemi 3 kez tekrar etmişlerdir. Son işlemden sonra %95'lik etanol ve aseton ile yıkayarak oda sıcaklığında kurutup, öğütmüşlerdir.

Lindeboom, (2005) yaptığı çalışma da nişasta elde etme işleminin kuru öğütme yöntemi ile yapılmasında en büyük avantajın ısılatma süresinin az olması olduğunu öne sürmüştür. Yine aynı çalışma da kuru öğütme ile ıslak öğütme karşılaştırılmış ve kuru öğütme işleminin ıslak öğütme işlemine göre nişasta granülünde 28 hasara sebep olduğu belirtmiştir. Öte yandan bazı alkali işlemlerin nişastanın özelliklerini değiştirdiğinden bahsetmiştir.

2.2.7.2 Saponinin uzaklaştırılması

Saponinler, farmasötik ve biyokimyasal yapıyı temsil eden bileşiklerdir ve saponin içeren bileşiklerde acı ve toksik tada, köpük oluşumuna ve tohum rengine sebep olduğundan kullanılmadan önce uzaklaştırılması gerekmektedir (Koyun,2013; Escribano ve diğ, 2017; Tan ve Yöndem, 2013).Kinoada bulunan saponinler perikarp içerisinde yer almaktadır ve tanenin saponin miktarı %0.03-2.05 aralığındadır (Gómez-Caravaca ve diğ, 2014; Demir ve Kılınç,2016). Saponin uzaklaştırma işlemi perikarp ve saponinlerin uzaklaştırılmasını sağlayan kimyasal veya mekanik olaylardır (Geren ve diğ,2014). Güney Amerika yerliler tohumun alkali suya veya soğuk suya batırılmasıyla saponini uzaklaştırdığını belirtmişlerdir. Farklı bir yöntemde ise tohumun zımparalanarak saponinden ayrıldığını fark etmişlerdir (Lindeboom,2005).

Saponin varlığı kinoa çeşitlerinde farklılık gösterebilmektedir. Acı kinoada bulunan saponin oranı %0.11'den fazladır, tatlı kinoada bulunan saponin oranı %0.11'den azdır. Yapılan birçok çalışmalarda %1.4, %0-1.2, %1, %0.9 gibi değerler acı kinoa olarak belirtilmiştir. Duyusal analizlerde ise, 100g kinoada 100 mg veya daha az oranında saponin varlığı kinoanın tatlı olduğunu öne sürmektedir (Gómez-Caravaca ve diğ, 2014).

Kurak iklime sahip bölgelerde yetişen bitkilerin saponin varlığı strese karşı savunma mekanizması olarak görülmektedir. Güneş,(2016) yapmış olduğu çalışma da insan gibi omurgalı olan canlılarda saponin bulunan bitkilerin tüketilmesi avantajlı olabileceken omurgasız canlılarda böceğin etkili beslenememesine dolayısıyla

sindirim kanalı hücrelerin dökülmesine sebep olduğu ileri sürülmüştür. Bu nedenle saponin bulunan ürünlerin böcek ilacı olarak değerlendirildiği belirtilmiştir.

Kinoada saponin varlığı anti-inflamatuar etkiye sebep olduğu gibi kanser hücrelerinde de sitostatik etkiye sebep olur. Aynı zamanda serumdaki kolesterol seviyesini de düşürür (Escribano ve diğ, 2017).

2.2.8 Kinoa ve kinoa ürünlerinin kullanım alanları

Kinoa tahılı, birçok gıda ürünüyle birlikte kullanılabildiği gibi yapılan bazı çalışmalara göre kinoanın açlık sorununa çare olabileceği öne sürülmüştür. Besleyici değeri oldukça yüksek olması sebebiyle tahıl ana olarak adlandırılmaktadır (Tan ve Yöndem,2013; Schoenlenchner, 2017; Keskin ve Evlice, 2015). Kinoa tohumlarının ticaretiyle birlikte tahıl veya bakliyat olarak kullanımı ve kullanım alanı gün geçtikçe artmaktadır. Oluşan kuraklık, iklim değişikliği gibi doğal afetler bazı bakliyat çeşitlerinin azalmasına ve maliyetlerinin yükselmesine neden olmasından dolayı kinoa gibi farklı ve besleyici tahıl türlerine yönelimi arttırmıştır (Tan ve Yöndem, 2013).

Yiyecek olarak insan tüketiminde geniş alanlarda kullanılmaktadır. Kinoa tohumu un haline getirilerek makarna yapımında, ekmek ve diğer tüm unlu mamullerde kullanılabilir ancak yapısında glüten içermemesinden dolayı hamur oluşumunu ve fırınlama özelliklerini sınırlandırdığından dolayı diğer tahıl unları ile de karıştırılarak güçlü besin kaynağına sahip karışım unlar elde edilebilir (Schoenlenchner, 2017; Kaya,2010). Tane şeklinde salata, yemek, çorba, geleneksel ürünlerde ve tatlılarda kullanılan kinoanın yaprağı ıspanak gibi de kullanılabilmektedir. Ayrıca darı ile fermente edilip bira ve benzeri içeceklerin yapımında değerlendirilebilir (Demir ve Kılınç, 2016; Schoenlenchner, 2017)). Yapısında bulunan saponinden arındırıldıktan sonra bebek mamalarında ve kahvaltılık gevreklerde de kullanılmaktadır (Valencia,2003). Ayrıca ABD’de pirinç pilavı gibi pilav yapımında tercih edilmektedir (Tan ve Yöndem, 2013).

Valencia, (2003) yapmış olduğu çalışma da kinoa ununun mısır ve buğday unu ile karıştırıldığını belirtmiştir. Belirli miktarlar da kinoa unu ilavesi yapılmıştır ve bu değerler erişte ve makarna için %30-40, ekmek için %10-13, tatlı bisküvi için %60 değerlerindedir. Tüm bu ürünlerden olumlu sonuç alınmıştır. Ayrıca kinoadan kispina adında ekmek üretimi de yapılmaktadır. Keskin ve Evlice, 2015 tarafından

gerçekleştirilen çalışmada %5, 10, 20, 30 oranında kinoa unu, buğday ununa ilave edilmekte %5 ve %10 oranında kinoa unu ilave edildiğinde ekmeğin kalitesinin hacim, gözenek ve sertlik yönünden daha iyi olduğunu, kinoa unu oran arttıkça tesktür sertleşerek hacmin azaldığını, %30 oranında kinoa unu ilave edildiğinde ise ekmekte acılaşma sorunu ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Yine aynı oranlarda keklere ilave yapıldığında kinoa unu oranı arttıkça keklerde yumuşaklığın azalıp sertliğin ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Buğday ununa %60 oranında kinoa unu ilave edildiğinde besin değerince zenginleştirilmiş bisküvi, kurabiye, kek benzeri yiyecekler elde edilebilir. Ekmek yapımında ise kinoa ununun glütensiz olması direk ekmek yapımında kullanılmasını engellemektedir (Vilehe ve diğ, 2003; Ahamed ve diğ, 1998).

Kinoa nişastasının boyutunun oldukça küçük olması ve termostabilitesi, malt içecekler, dondurulmuş gıda ambalajları için faydalıdır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda patojenlerin önlemini arttırmak için yapısında kinoa nişastası da bulunan altın nanopartiküllerle biyofilm oluşumu üzerine ilerlenmektedir (Graf ve diğ,2015).

Kinoa otu yetiştiriciliği kolay olmasından dolayı sığırlara yem olarak kullanılabildiği gibi tohumları kuş ve kümes hayvanları için çok iyi bir yem kaynağıdır. Kinoa bitkisi hızlı büyümekte ve kolay silolanmaktadır ancak mısırın silaj kalitesi kinoanın silaj kalitesinden daha yüksektir (Tan ve Yöndem,2013).

Kabuğunda bulunan saponin iyi derecede köpürme özelliğinden dolayı çamaşır deterjanı, şampuan, kozmetik veya cilt yaraları için antiseptik olarak kullanılabilir. Yapısında bulunan selüloz kağıt ve karton üretiminde kullanımını yaygınlaştırmaktadır (Tan ve Yöndem,2013; Lindeboom,2005).



3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Hammadde

Bu tez çalışmasında hammadde olarak Türkiye topraklarında yetiştirilmiş hasat yılı 2017 olan Kinoa tohumu (Chenopodiaceae) Parion Tarım Ürünleri ve Gıda San.Tic.Ltd.Şti Biga-Çanakkale-Türkiye'den tedarik edilmiştir. Örnekler analiz yapılana kadar oda sıcaklığında kuru bir ortamda depolanmıştır.

3.1.2 Çalışmada kullanılan kimyasallar

Etanol (Sigma Aldrich), potasyum sülfat(Sigma Aldrich), bakır sülfat(Sigma Aldrich), %95-97 sülfürik asit(Sigma Aldrich), Borik asit (Sigma Aldrich), hidroklorik asit(Sigma Aldrich), Hekzan (Sigma Aldrich), Dirençli nişasta tayin kiti (Megazyme), Amiloz-amilopektin tayin kiti (Megazyme).

3.1.3 Çalışmada kullanılan cihazlar

Öğütücü-Blender (IKA ultra turrax, Almanya), manyetik karıştırıcı (Yellow Line), elek (no:70 mesh), santrifüj cihazı, hızlı nem tayin cihazı (Infrared MOC63u Unibloc), hassas terazi, protein tayini distilasyon cihazı (BUCHI Distillation Unit K350, Switzerland), Spektrofotometre, Zetasizer (Zetasizer 2000, Malvern Instruments), Gerhardt soxtherm otomatik yağ tayin cihazı (Gerhardt Soxtherm, Almanya), döner buharlaştırıcı (Büchi Rotavapor R11, Switzerland), Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (TA Instrument Module DSC Q10-0694), mekanik soğutma ünitesi, mikroskop (Nikon eclipse Ni), renk ölçer (Kanika minolta chroma meter CR-400, hunter colorimeter), hızlı vizkozite analizleyici (RVA 4500, Pertern Instruments, İsveç).

3.2 Yöntem

3.2.1 Yerli kinoa tohumundan nişasta eldesi

Yerli kinoa tohumundan nişasta eldesinde Lindeboom ve diğ. (2005) tarafından

kullanılan yöntem referans alınmıştır. Oda sıcaklığında depolanan kinoa tohumları 1:5, (w/v) oranında distile su ile karıştırılarak 16 saat süreyle oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ardından 5 dakika boyunca 10-13 bin rpm’de öğütülmüştür. Öğütülen kinoa bulamacı 1 saat boyunca manyetik karıştırıcıda 7 dereceli hızda karıştırılmıştır. 70 µm’lik elekten süzildükten sonra elekten geçen kısım 4300 rpm’de 20 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Kahverengi-gri oluşan katman beyaz tabakanın yüzeyinden arındırılmış, distile su ilave edilip tekrar aynı derecelerde santrifüj edilmiştir ve son aşama 3 kez tekrarlanmıştır. Son olarak %95’lik etanol ve aseton ile yıkanarak oda sıcaklığında kurutulup öğütülmüştür. Kuru bir ortamda muhafaza edilmiştir.

Nişasta izolasyonu şematik olarak Şekil 3.1’de verilmiştir.

3.2.2 Yerli kinoa nişastasının kompozisyon ve karakterizasyon analizleri

Yerli kinoa tohumundan elde edilen nişastada toplam nem, toplam kül, toplam protein ve toplam yağ miktarları tayin edilmiştir.

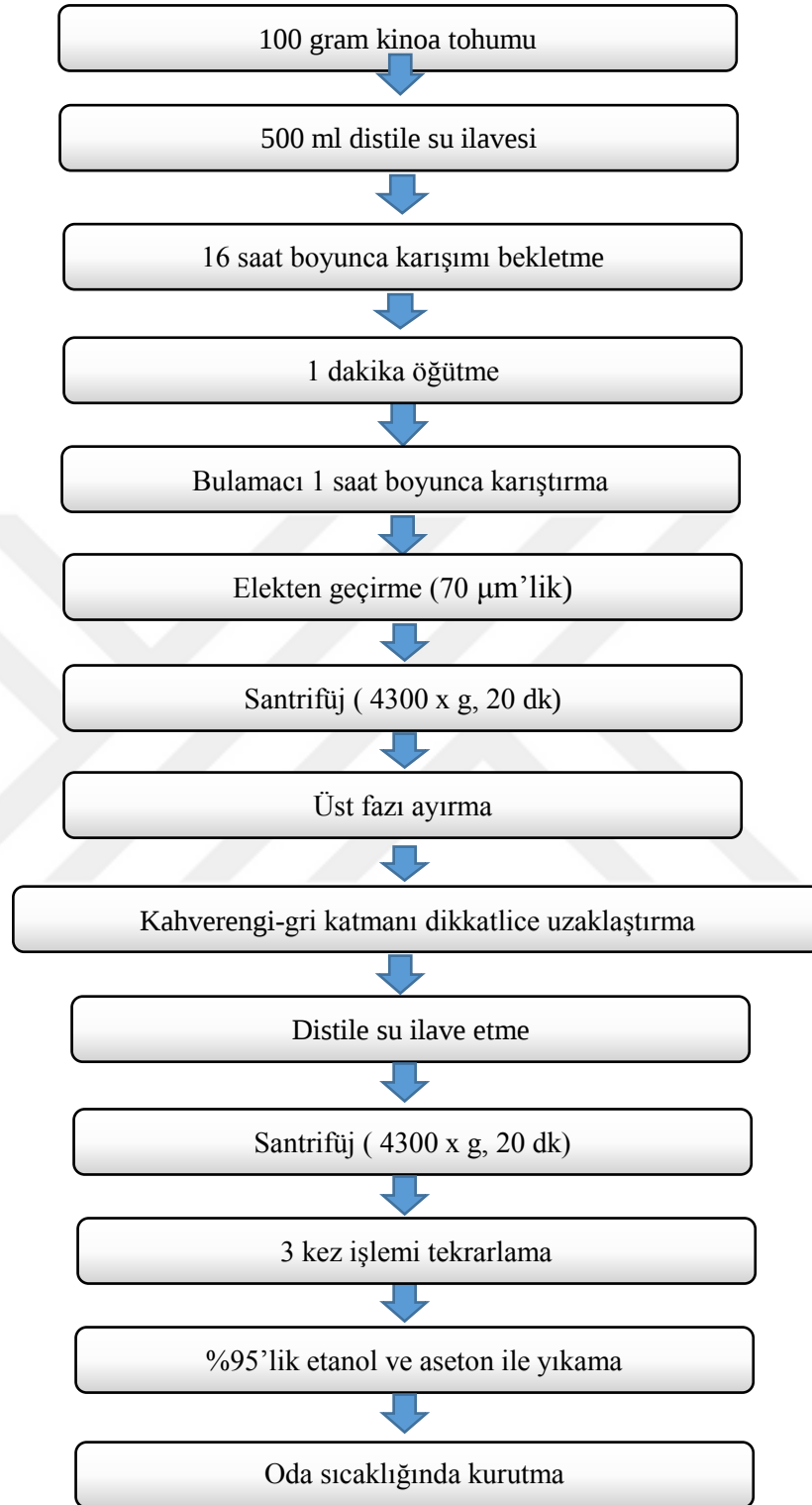
3.2.2.1 Toplam nem miktarı tayini

Toplam nem miktarı tayini Unibloc Infrared Nem Tayin Cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaza özel alüminyum kaplara ortalama 1 g örnek tartılarak 130°C’de kurutulmuştur. Analiz üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yüzdesel olarak kaydedilmiştir.

3.2.2.2 Toplam protein miktarı tayini

Toplam protein miktarı tayini AOAC 920.87 no’lu yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 2 g örnek yakma tüpüne alınarak üzerine katalizör (0.3 gram bakır sülfat ve 15 gram potasyum sülfat) ve 25 ml derişik H₂ SO₄ eklenmiştir. Açık berrak yeşil renk görüldükten sonra 30 dakika daha yakma işlemine devam edilmiştir. Soğuma işleminden sonra destilasyon aşamasına geçilmiştir. Destilasyon işlemi cihaz (Büchi, K-350, Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Yakma tüpüne 50 mL distile su eklenerek destilasyon ünitesine yerleştirilmiş, ünitenin destilat toplama bölümüne ise 25 ml %4’lük borik asit içeren ve indikatör içeren erlen yerleştirilmiştir. Elde edilen destilat 0.2 NHCl çözeltisi ile titre edilmiştir. Titrasyon aşamaları sonunda elde edilen sarfiyat kaydedilerek toplam azot Denklem 3.1 de ve toplam protein miktarı Denklem 3.2 de verilen formüle göre hesaplanmıştır.

Analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1 : Nişasta izolasyonu.

$$\% N(Azot) = \frac{(V2 - V1)ml \times Normalite \times 0.014}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3.1)$$

V1, kör için harcanan 0.2 N HCl sarfıyatını, V2 ise örnek için harcanan 0.2 N HCl sarfıyatını temsil etmektedir. Normalite ise titrasyonda kullanılan asit çözeltisinin (HCl) normalitesini temsil etmektedir.

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ N} \times 6.25 \quad (3.2)$$

3.2.2.3 Toplam kül miktarı tayini

Toplam kül miktarı tayini AOAC 923.03 nolu metot kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 3 g örnek ağırlığı bilinen kroze içine tartılmıştır. Kül fırınında tam yakma işlemine geçmeden 45 dakika kadar 300-350 °C’de ön yakma işlemi gerçekleştirilir. 550°C’de kapak tam kapalı şekilde 16 saat boyunca kül fırınında bekletilmiştir. Analiz üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonucu aşağıdaki Denklem 3.3’e göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Kül} = \frac{\text{Kül ağırlığı (g)}}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.2.4 Toplam yağ miktarı tayini

Toplam yağ miktarı tayini Gerhardt Soxtherm Otomatik Yağ Tayin Cihazı (Gerhardt Soxtherm, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık olarak 3 g örnek tartılmış ve cihaz 200°C’de çalıştırılmıştır. İşlem sonucunda döner buharlaştırıcıya alınan çözgen uçurulmuştur. İki tekrarlı gerçekleştirilen analizin sonucu aşağıdaki Denklem 3.4’e göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yağ} = \frac{\text{Yağ miktarı (g)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.2.5 Toplam diyet lifi miktarı tayini

Toplam diyet lifi (TDL) analizi AOAC 993.19 numaralı enzimatik-gravimetrik yöntemine göre yapılmıştır. Analizlerin uygulanmasında diyet lifi analiz kiti olarak Megazyme Dirençli Nişasta Analiz Kiti (Megazyme Int., İrlanda) kullanılmıştır. Kullanılan bu metot ile 1’er g alınan örnekler ısıya dayanıklı α -amilaz ile jelatinize edildikten sonra proteaz ve amiloglukosidaz ile enzimatik olarak parçalanmış ve örneklerden protein ve nişasta uzaklaştırılmıştır. Filtrasyon sonrasında elde edilen katı kısım (çözünür olmayan diyet lifi) kurutulurken, sıvı kısma %95 etanol çözeltisi eklenerek çözünür diyet lifi çöktürülmüştür. Karışım etanol ve aseton ile muamele

edilerek filtreden geçilmiş ve katı kısım (çözünür diyet lifi) filtrat olarak elde edilmiştir. 1 gece boyunca gerçekleştirilen kurutma aşamasından sonra tüm kalıntıların tartımı alınmıştır. Örneklerin yarısı protein, diğer yarısı ise kül tayini için ayrılmıştır. Kalıntılar kül miktarının belirlenmesi için de kül fırınında 525°C’de 5sa bekletilmiştir. Toplam protein ve toplam kül miktarlarının tartımlardan çıkartılması ile toplam çözünür diyet lifi ve çözünür olmayan diyet lifi ile örneklerdeki toplam diyet lifi miktarları tayin edilmiştir. Deneyler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.6 Amiloz-amilopektin miktarı tayini

Amiloz-amilopektin tayini (K-AMYL) Megazyme Amiloz-Amilopektin Analiz Kiti kullanılarak (Megazyme Int., İrlanda) gerçekleştirilmiştir. İlk olarak cam tüplere tartılan nişasta üzerine DMSO (dimetilsülfoksit) eklenip, iyice karıştırılmış ve kaynar su banyosuna koyulmuştur. Nişastanın DMSO içinde tamamen dağılmış olabilmesi için tüpler arada bir vortekslenmiştir. %95’lik etanol ilavesiyle lipidler çözündürülmüş, santrifüjlemeyle de uzaklaştırılmıştır. Asetat/tuz solüsyonunda tekrardan çözündürülen örneğe Con-A eklenerek amilopektin çöktürülmüş ve santrifüjlemeyle ortamdan uzaklaştırılmıştır. Santrifüjlemeden sonra üstte biriken sıvı amiloz miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Amiloz ve toplam nişasta enzimatik olarak D-glukoza hidroliz edilerek, glukozoksidaz/peroksidaz kullanılarak kolorimetrik olarak belirlenmiştir. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Hesaplama aşağıdaki eşitlik olan Denklem 3.5’ten yararlanılmıştır.

$$\text{Amiloz (\%)} = \frac{\text{Con-A sıvısının absorbanşı}}{\text{Toplam nişasta kısmının absorbanşı}} \times 66,8 \quad (3.5)$$

3.2.3 Yerli kinoa nişastasına uygulanan analizler

3.2.3.1 Su tutma kapasitesi

Su tutma kapasitesinin tayini Garg ve Kumar, (2013)’nın metodu esas alınarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak nişasta numuneleri santrifüj tüplerine $5 \pm 0,01$ g (W1) alınarak, distile 75 mL su ile karıştırılmış ve 1 saat çalkalama işlemi yapılmıştır. 15 dakika boyunca 16000 rpm’de santrifüje tabi tutulmuş ve nişasta, su boşaltıldıktan sonra tartılmıştır (W2). Nişasta tarafından tutulan su miktarı, ağırlık farkından belirlenmiştir. İki tekrarlı gerçekleştirilen nişastanın su bağlama kapasitesi sonucu aşağıdaki Denklem 3.6 göre hesaplanmıştır.

$$\text{Su tutma kapasitesi} = \frac{(W_2 - W_1)}{W_1} \times 100 \quad (3.6)$$

3.2.3.2 Şişme kuvvetinin ve suda çözünürlük indeksinin tayini

Şişme kuvvetinin ve suda çözünürlük indeksinin tayini Li ve diğ. (2016)'nın metodu ile Garg ve Kumar, (2013)'nin metodu esas alınarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak nişasta numuneleri santrifüj tüplerine 0.15 ± 0.01 g alınmış, distile 10 mL su ile karıştırılmıştır. Daha sonra tüpler sırasıyla 65 °C, 75 °C, 85 °C ve 95 °C'de ısıtılır. Buzlu su banyosunda soğutulmadan önce 1 saat boyunca vortex cihazında karıştırılır ve $3000 \times g$ 'da 20 dakika boyunca santrifüj işlemi yapılmıştır. Süzüntü uzaklaştırılarak alüminyum kap içerisine kalan kısım dökülür ve katı kısmın tartımı alınır (WS). Ayrıca kalan kısım 100 °C'de kurutulur ve tartımı alınır (W1). Şişme kuvveti (SP) ve suda çözünürlük indeksi (WSI) aşağıdaki denklemler 3.7 ve 3.8'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Suda çözünürlük indeksi (WSI)} = \frac{W_1}{W_0} \times 100\% \quad (3.7)$$

$$\text{Şişme kuvveti (SP(g/g))} = \frac{WS}{W_0 \times (1 - WSI)} \quad (3.8)$$

3.2.3.3 Diferansiyel taramalı kalorimetre ile termal özelliklerin belirlenmesi

Yerli kinoa tohumundan elde edilen nişastanın Diferansiyel taramalı kalorimetre ‘‘DSC’’ (TA Instruments Q10, ABD) ile jelleşme özellikleri incelenmiştir. Bu analiz için Li ve diğ. (2016) ve Atwell ve diğ. (1982) tarafından belirtilen yöntemler kullanılmıştır. Termal özelliklerin DSC ile incelenmesi için alüminyum tavacıklara 2,5 mg kinoa nişastası tartılmış ve üzerine 5 µl distile su ilave edilip tavacıklar hermetik olarak kapatılmıştır. Kapatılmış tavacıklar oda sıcaklığında 16 saat bekletilerek örneklerin nem oranı dengelenmiştir. Hazırlanan ve 16 saat bekletilen örnekler 5°C/dak ısıtma hızıyla 25°C'den 100°C'a ısıtılarak termogramları elde edilmiştir. Referans olarak boş DSC kabı kullanılmıştır. Elde edilen verilerde örneklere ait jelatinizasyon endotermik piklerinden yararlanılmış, başlangıç (T₀) ve pik (T_p) sıcaklıkları ile pikin altında kalan alandan entalpi değerleri (ΔH) hesaplanarak termogramlar değerlendirilmiştir. Analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.4 Granül yapısının mikroskop ile incelenmesi

Yerli kinoa tohumundan elde edilen nişasta örneğinin granül yapısı mikroskop kullanılarak incelenmiştir (Nikon eclipse Ni, Europe). Mikroskop lamının üzerine çok az miktar kuru nişasta numunesi yerleştirilmiştir. 1 damla distile su kuru nişasta üzerine damlatılarak lamel ile üzeri tam gelecek şekilde kapatılmıştır ve mikroskop düzeneğine yerleştirilmiştir. Hazırlanan örneklerin granül yapısı 10x-40x-100x oranında büyütülerek görüntülenmiştir.

3.2.3.5 Partikül büyüklüğünün incelenmesi

Yerli kinoa tohumundan elde edilen nişasta örneğinin partikül büyüklüğü zeta sizer kullanılarak incelenmiştir (Zetasizer 2000, Malvern Instruments). İlk olarak ortamın yoğunluğu ile alakalı konsantrasyonu belirlemek için bir miktar nişasta ve çok az miktar distile su katılarak refraktometre ile nişastanın kırılma indisine bakılmıştır. Ardından nişastanın absorbansını ölçmek amaçlı spektrofotometreden yararlanılmıştır (SP-3000 nano Optima, Japonya). Absorbansını belirlemek için Elema ve diğ. (1999)'nin yapmış oldukları çalışma yöntemi referans alınmıştır. 1 gram kinoa nişastası numunesi 10 ml kaynamış su ile 10 dakika boyunca ısıtılmaya devam ederek karıştırılmıştır. Oluşan karışım filtre kağıdından geçirilmiştir. Nişasta, 1 mililitre filtrele 0.2 mililitre 0,1 N iyot çözeltisi ve 10 mililitre distile su ilave ederek kolorimetrik olarak belirlenmiştir. Absorbans 620 nm'de spektrofotometre ile ölçülmüştür. Ardından nişastada 5:100 oranında seyreltme yapıp 3 paralelli olarak çalışılmıştır. Suyu eklenerek zeta (ζ) potansiyeli ve partikül boyutu ölçümü yapılmıştır. Zeta potansiyel değerleri, zeta potansiyeli dinamik ışık saçma aracı ile 25 °C'de üçlü olarak ölçülmüştür. Kırılma indisi ve absorbans değerleri zetasizer cihazının programına yazılarak partikül büyüklüğüne ait veriler elde edilmiştir.

3.2.3.6 Nişastanın renk ölçümleri

Yerli kinoa tohumundan elde edilen nişasta örneğinin renk değerleri Chroma meter CR-400 (Konika monilta) kullanılarak incelenmiştir. Renk analizi Jan ve diğ. (2007)'nin metodu esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Veriler L*, a* ve b* değerleri olarak kaydedilmiştir. L=100 beyaz, L=0 siyah; yüksek pozitif a renk değeri kırmızı, yüksek negatif a renk değeri yeşil; yüksek pozitif b renk değeri sarı ve yüksek negatif b renk değeri mavi olarak değerlendirilmiştir. Üç tekrarlı gerçekleştirilen kinoa nişastasının uygun renk ölçümünde renk açısı (h°) ve renk parlaklığı (C^*) aşağıdaki

Denklem 3.9 ve Denklem 3.10’da belirtilmiştir.

$$\text{Renk açısı (h}^{\circ}\text{)} = [\tan^{-1}(b^* / a^*)] \quad (3.9)$$

$$\text{Renk parlaklığı (C}^*\text{)} = [(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}] \quad (3.10)$$

Hesaplama a^* ve b^* değerlerine göre değişiklik gösterebilir;

$$a^* > 0 \text{ ve } b^* > 0 \text{ olduğu zaman} \quad (h^{\circ}) = [\tan^{-1}(b^* / a^*)]$$

$$a^* < 0 \text{ olduğu zaman} \quad (h^{\circ}) = 180 + [\tan^{-1}(b^* / a^*)]$$

$$a^* > 0 \text{ ve } b^* < 0 \text{ olduğu zaman} \quad (h^{\circ}) = 360 + [\tan^{-1}(b^* / a^*)]$$

3.2.3.7 RVA cihazıyla vizkozite ölçümleri tayini

Mikro-visko analizör (Rapid Visco Analyzer: RVA; RVA-4500, Pertern Instruments, İsveç) ile örneklerin suda ısıtma-soğutma sırasındaki davranışlarının incelenmesi için %14 nem esasına göre 3,5 gram örnek kullanılmıştır (AACC 76-21.01). Örnek, cihazın alüminyum kabına tartılmış olan saf su üzerine ilave edilip karıştırıcı palet yerleştirildikten sonra cihaza konularak, cihaza ait Standart 1 profili kullanılarak RVA özellikleri belirlenmiştir. RVA çalışmaları Kayseri Abdullah Gül Üniversitesi Teknopark-4 laboratuvarında yapılmıştır. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Deneyde kullanılacak su ve örnek miktarları sırasıyla aşağıdaki Denklem 3.11’de verilen eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir:

$$M_2 = \frac{(100-14) \times M_1}{100-W_1} \quad \text{ve} \quad W_2 = 25 + (M_1-M_2) \quad (3.11)$$

M_1 = %14 nem esasına göre tartılması gereken örnek miktarı (g)

M_2 = nem miktarına göre düzeltilmiş örnek miktarı (g)

W_1 = örneğin nem miktarı (%)

W_2 = düzeltilmiş su miktarı (g)

Analiz sonucunda incelme sonrası viskozite (through viscosity), 95°C’ deki maksimum viskozite (peak viscosity), karıştırma ile viskozite azalması (breakdown), son viskozite (final viscosity), katılaşma viskozitesi (setback viscosity) ve pik zamanı (peak time) değerleri belirlenerek uygulanan işlemler sonucu nişasta özelliklerinde ortaya çıkan değişiklikler incelenmiştir.

3.2.3.8 Toplam nişasta miktarı tayini

Toplam nişasta tayini için AOAC 996.11 metodu esas alınmıştır. İlk aşamada dirençli olmayan nişasta α -amilaz ve amiloglukozidaz ile 37°C'de 16 saat boyunca hidroliz edilerek dirençli olmayan nişasta çözünmüş ve glikoza parçalanmıştır. Dirençli nişasta ise santrifüj işlemi sonrasındaki çöküntü kısmında elde edilmiş olup, etanolle yıkama ve potasyum hidroksit içinde çözme gibi aşamalardan sonra amiloglikozidaz enzimi ile kantitatif olarak glikoza hidroliz edilmiştir. Nişasta içeriği 'as is' olarak kaydedilir. Deneyler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.9 Glisemik indeks tayini

Glisemik indeks tayininde Englyst ve ark (1992) ve Goni ve diğ. (1997)'nin yapmış oldukları çalışmalar baz alınmıştır. Örnekler (100 mg), her bir tüpe ilave edilen 10 adet cam bilye (5 mm çap) ile 50 mL tüplere tartılmıştır. İki mililitre 0.05 M hidroklorik asit (HCl) ve 10 mg pepsin (Sigma, P7000) eklenmiş ve tüpler 30 dakika boyunca çalkalamalı su banyosunda 37 ° C'de inkübe edilmiştir. Ardından, her bir tüpe 4 mL sodyum asetat tamponu (0.5 M, pH 5.2) eklenmiştir. 0.104 g pankreatin (Sigma-Aldrich, P7545) ve 14.45 U amiloglukozidaz (3300 U / mL, Megazyme Int., İrlanda) içeren taze hazırlanmış 1 mL enzim çözeltisi eklenip tüpler çalkalamalı su banyosunda 37 ° C'de dikey olarak inkübe edilmiştir. 0, 10, 20, 30, 60, 90, 120 ve 180 dakikalık aralıklarla 100 μ L olarak örnek alınıp 1 mL etanol ile karıştırılmıştır. Bu çözeltiler 10 dakika boyunca 800 x g'de santrifüj edilmiştir. Süzüntünün glikoz içeriği 510 nm dalga boyunda spektrofotometre (Shimadzu 1601, Japonya) kullanılarak glikoz oksidaz-peroksidaz (GOPOD) reaktifi (Megazyme Int., İrlanda) ile ölçülmüştür. Örneklerdeki toplam nişasta hidrolizi (%) Denklem 3.12'ye göre hesaplanmıştır.

$$Toplam\ hidroliz\ (\%) = \left[\frac{(Açığa\ çıkan\ glikoz\ ağırlığı \times \frac{160}{182})}{Toplam\ nişasta\ ağırlığı} \right] \times 100 \quad (3.12)$$

3.2.3.10 Moleküler özelliklerin FT-IR analizi ile belirlenmesi

FT-IR (Fourier transform infrared spectroscopy) analizleri, FT-IR Spektroskopisi (Bruker, Almanya) ATR (Attenuated Total Reflectance) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde KBr beamsplitter ve DCaTGS detektörü kullanılmıştır. ATR kısmında ise elmas kristal ekipmanı kullanılmıştır. Analizler 4 cm^{-1} çözünürlükte gerçekleştirilmiş ve havaya göre background alınmıştır. YKN ve

farklı bir nişasta incelenmiştir. Her bir spektrum için 525 ile 4000 cm^{-1} dalga sayısı aralığı incelenmiştir (Ravazi ve diğ, 2014).

3.2.4 Duyusal analizler

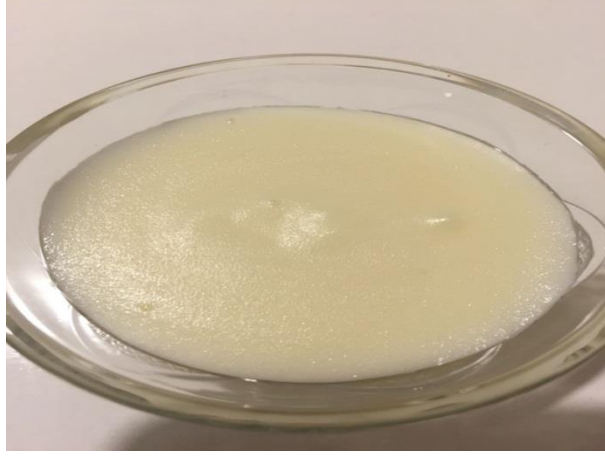
Yerli kinoa tohumundan elde edilen nişasta kullanılarak muhallebi üretilmiştir. Muhallebilerden biri kontrol muhallebi (pirinç unu) diğerleri ise pirinç nişastasından, buğday nişastasından, kinoa nişastasından ve kinoa unundan olmak üzere toplam 5 çeşit muhallebi yapılmıştır. Duyusal analiz sırasında kontrol grubu muhallebinin hangisi olduğu panelistlere belirtilmeden puanlama yapılmıştır. Nişasta ile yapılan muhallebiler için pastörize süt, nişasta ve şeker kullanılırken unla yapılan muhallebilerde pastörize süt, un ve şeker kullanılmıştır. Nişastalı muhallebilerde pirinç unu içerisinde bulunan nişasta oranı kadar nişasta kullanılmıştır. Muhallebi üretiminde kullanılan malzeme ve miktarları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Muhallebi üretiminde kullanılan malzemeler ve miktarları.

Kullanılan Malzemeler	KNM	KUM	KM	PNM	BNM
Süt	500 ml	500ml	500ml	500ml	500ml
Şeker	70 g	70 g	70 g	70 g	70 g
Pirinç Unu	0 g	0 g	35 g	0 g	0 g
Pirinç Nişastas	0 g	0 g	0 g	25 g	0 g
Buğday Nişastas	0 g	0 g	0 g	0 g	25 g
Kinoa Unu	0 g	35g	0 g	0 g	0 g
Kinoa Nişastas	25 g	0 g	0 g	0 g	0 g

KNM: Kinoa nişastalı muhallebi, KUM: Kinoa unlu muhallebi, KM: Kontrol muhallebi (pirinç unlu), PNM: Pirinç nişastalı muhallebi, BNM: Buğday nişastalı muhallebi

Süt, şeker, un veya nişasta miktarları kadar karıştırılır. Koyulaşma işleminin ardından 3-4 dakika kadar kaynatılarak kaselere yerleştirilir. Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da muhallebilere ait görseller verilmiştir.



Şekil 3.2 : Duyusal analiz için hazırlanan kontrol muhallebi örneği.



Şekil 3.3 : Duyusal analiz için hazırlanan pirinç nişastalı muhallebi örneği.



Şekil 3.4 : Duyusal analiz için hazırlanan kinoa unlu muhallebi örneği.



Şekil 3.5 : Duyusal analiz için hazırlanan kinoa nişastalı muhallebi örneği.



Şekil 3.6 : Duyusal analiz için hazırlanan buğday nişastalı muhallebi örneği.

Üretilen muhallebi örneklerinde duyusal değerlendirmede hedonik skala kullanılarak muhallebilerin görünüş, görsel kıvam, renk, parlaklık, koku, ağızdaki kıvam, erime, kremsilik, pürüzlülük, tat, aroma gibi özellikleri değerlendirilmiş, genel beğeni ve satın alma niyetleri sorulmuştur. Muhallebilerin duyusal analizi 15 panelist ile İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü duyusal laboratuvarında gerçekleşmiştir. Panel üyeleri İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği öğretim üyeleri, doktora ve yüksek lisans öğrencilerinden seçilmiştir. Her bir muhallebi numunesi 3 basamaklı farklı sayılar ile kodlanmıştır. Panel 3 oturumlu olarak gerçekleşmiş ve her oturumda katılan 5 panelistin muhallebi kodları birbirinden farklı olarak ayarlanmıştır. Panelistler hazırlanan duyusal form üzerinde 1-9 arası genel beğeni, 1-7 arası satın alma niyeti olarak belirlenen skalaya göre puanlama yapmışlardır. Şekil 3.7’te muhallebiler için kullanılan duyusal analiz formunun örneği görülmektedir.

Panelist
Adı/Soyadı:
Yaşı:

Tarih:...../...../.....

Duyusal Özellikler	Muhallebi Kodları				
Görünüş					
Görsel Kıvam					
Renk					
Parlaklık					
Koku					
Ağızdaki Kıvam					
Erime					
Kremsilik					
Pürüzlülük					
Tat					
Aroma					
Genel Beğeni					
Satınalma niyeti					

Puanlama

- 9 Çok fazla beğendim
8 Çok beğendim
7 Orta derecede beğendim
6 Az beğendim
5 Ne beğendim ne de beğenmedim
4 Biraz beğenmedim
3 Orta derecede beğenmedim
2 Çok beğenmedim
1 Hiç beğenmedim

Satınalma niyeti için puanlama

- 7 Kesinlikle alırım
6 Büyük ihtimalle alırım
5 Alırım
4 Belki alırım
3 Ne alırım ne de almam
2 Almam
1 Kesinlikle almam

Şekil 3.7 : Muhallebiler için kullanılan duyusal değerlendirme formu (Kadağan, 2015).

3.2.5 Muhallebilerin viskozite özelliklerinin belirlenmesi

Viskozite analizi Haake Viscotester 550, Thermo Scientific cihazı kullanarak belirlenmiştir. Yerli kinoa nişastalı muhallebi, kinoa unlu muhallebi, buğday nişastalı muhallebi, pirinç unlu muhallebi ve pirinç nişastalı muhallebinin viskozite değerleri ölçülmüştür. Duyusal analiz için hazırlanan muhallebide kullanılan malzeme ve miktarlarına göre muhallebi hazırlanmıştır. Oda sıcaklığında olan her bir muhallebiden ayrı ayrı 100 g numune ile ölçüm yapılmıştır. Analizde sv din rotor kullanılmıştır. 25° C sıcaklıkta, 1-5 arası kademeli olarak artan dönüş hızı ile yani 0,5 ile 800 rpm değeri arasında dönüş hızında viskozite değerleri Pa.s birimi cinsinden casson hesaplama yöntemiyle otomatik değerde kaydedilmiştir.

3.2.6 İstatistiksel analizler

Tüm istatistiksel değerlendirmeler Minitab 18 yazılım programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma verileri tek yollu varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş, ortaya çıkan farklılıkların hangi düzeyler arasında önemli olduğunu tespit etmek için ise Tukey testi ile %95 güven düzeyinde çoklu karşılaştırma yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Yerli Kinoa Nişastasının Kompozisyonu ve Karakterizasyonu

Yerli kinoa nişastasına ait toplam nem, kül, protein ve yağ değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Yapılan analizler sonucu tespit edilen yerli kinoa nişastasının kompozisyonları (%).

Örnek	Nem%	Kül%	Yağ%	Protein%	TDL%
YKN*	11.13	3.66	0.15	2.33	2.8

*YKN: Yerli Kinoa Nişastası TDL: Toplam Diyet Lifi. Değerler 3 tekrarlı analiz sonuçlarının ortalama değeridir.

Yerli kinoa nişastasına ait nem değeri %11.13 olarak tespit edilmiştir. Jan ve diğ. (2017) yapmış oldukları çalışmada kinoa nişastalarında nem değerlerini %8.49 ile %9.29 aralığında tespit etmişlerdir. Li ve diğ. (2016) yapmış oldukları çalışmada, 26 farklı kinoa tohumundan elde edilen nişastaların nem değerlerini %8.7-14 aralığında tespit etmişlerdir. Qian ve diğ. (1999)’nin yapmış oldukları çalışmada ise kinoa nişastasının nem değeri %14 olarak bulunmuştur. Bu durumda sonuçların daha önce bulunan değerler ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Yerli kinoa nişastasına ait protein değeri %2.33 olarak tespit edilmiştir. Atwell ve diğ. (1982)’nin yapmış oldukları çalışmada protein oranının %0.11-7.11 aralığında olduğu saptanmıştır. Jan ve diğ. (2017)’nin yapmış olduğu çalışmada kinoa nişastasının protein değerleri %0.89-1.13 aralığında olduğu saptanmıştır. Araujo farro ve diğ. (2010) ise protein değerini 0.9 ± 0.02 olarak tespit etmiştir. Chang ve diğ. (2017)’nin yapmış oldukları çalışmada protein değeri %0.1- %1.2 aralığında saptanmıştır. Li ve Zhu (2017)’nin yapmış olduğu çalışmada ise kinoa nişastasının protein değeri %0.11-%4.3 aralığında olduğu belirtilmiştir. Kinoa nişastasında bulunan protein değeri yapılan çalışmalarda farklılık göstermiştir. Çalışmalar göre oluşan farklılıkların sebebi; nişastanın kimyasal kompozisyonuna, izolasyon tekniğine ve saflaştırma işlemlerine bağlı olarak değişebilmektedir. Ancak genel

olarak kinoa nişastasının protein değeri daha önce yapılan literatür değerlerine göre uyumlu bulunmuştur.

Elde edilen kinoa nişastası için yağ miktarı %0.15 olarak bulunmuştur. Jan ve diğ.(2017)'nin yapmış oldukları çalışmada toplam yağ değerinin %0.32-%2 aralığında olduğu saptanmıştır. Li ve Zhu, (2017)'nin yapmış oldukları çalışmada ise kinoa nişastalarından elde edilen yağ değerinin %0.02-2.56 aralığında olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toplam yağ değeri literatürde verilen aralıkta bulunduğundan sonuçlar daha önce bulunan değerlerle uyumlu görünmektedir.

Yerli kinoa nişastası için kül miktarı %3.66 olarak bulunmuştur. Atwell ve diğ.(1982)'nin yapmış oldukları çalışmada kinoa nişastasında tespit ettikleri kül değeri %0.18- %1.48 aralığında saptanmıştır. Araujo farro ve diğ. (2010) ise kinoa nişastasında bulunan kül değerini 0.21 ± 0.006 olarak tespit etmiştir. Li ve Zhu, (2017) yapmış oldukları çalışmada kinoa nişastasında bulunan kül değerini %0.04-%1.64 aralığında tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre toplam kül değeri literatürde verilen aralıklarla göre net aynı değerde değildir ancak çok küçük bir sapma mevcuttur.

Yerli kinoa nişastasına ait toplam diyet lifi değeri %2.8 olarak bulunmuştur. Li ve Zhu (2018b) yapmış oldukları çalışmada kinoa nişastalarına ait diyet lifi değerlerini tablo haline getirmiştir. Bu tablodaki değerler sırasıyla %0.10--3.0 aralığında değişkenlik göstermektedir. Polesi ve diğ, (2018)'nin pirinç nişastası üzerinde yapmış oldukları çalışmada toplam diyet lifi miktar aralığını %0.3-1 olarak belirlemişlerdir. Sonuçlar arasında değişkenlikler olsa da, elde edilen sonuçlara göre toplam diyet lifi sonuçlarının aralık içerisinde olduğunu söylemek mümkündür.

4.1.1 Yerli kinoa nişastasının amiloz-amilopektin oranları

Yerli kinoa nişastasına ait amiloz-amilopektin oranları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : YKN'nın amiloz ve amilopektin oranları (%).

Örnek	Amiloz(%)	Amilopektin (%)
YKN	$32.4 \pm 1,48$	67.6

Buna göre yerli kinoa nişastasına ait amiloz içeriği 32.4 olarak bulunmuştur. Lindeboom, (2005) yapmış olduğu çalışmada amiloz içeriğini %3 ile %20 aralığında

tespit etmişlerdir. Yine aynı çalışmada, diğer çalışmalardaki amiloz içeriğinin %7 ile %27 arasında değişkenlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Li ve Zhu,(2017 b) ise kinoa nişastasındaki amiloz içeriğinin %10.9 olduğunu çalışmasında belirtmiştir. Li ve Zhu, (2017) yapmış olduğu çalışmada ise; kinoa nişastasının amiloz içeriğini ortalama %7.22 olarak tespit etmiştir. Xu ve diğ, (2017) pirinç nişastası üzerinde yapmış oldukları çalışmada amiloz içeriğini %18.38 olarak tespit etmişlerdir. Yerli kinoa nişastasında elde ettiğimiz amiloz içeriği literatürdeki sonuçlara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.

4.2 Yerli Kinoa Nişastasına Uygulanan Analizler

4.2.1 Su tutma kapasitesi

Su tutma kapasitesi nişastanın uygun sıcaklık, süre ve uygun mekanik kuvvetler altında tuttuğu su miktarıdır. Yerli kinoa nişastası (YKN) için su tutma kapasiteleri %90-%99.8 aralığında tespit edilmiştir ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Jan ve diğ. (2017)’nin yapmış oldukları çalışmada iki farklı kinoa nişastası için su tutma kapasiteleri %88.27 ile %92.15 aralığında saptanmıştır. Aynı zamanda su tutma kapasitesinin değeri amiloz-amilopektin moleküllerinin birleşmeden etkilenebildiğini öne sürmüşlerdir. Chang ve diğ, (2017)’nin yapmış oldukları çalışmada ise kinoa nişastasının su tutma kapasitesi %49.5 ile %93 değerlerine kadar olduğu saptanmaktadır. Ancak bazı değerlerin mısırdan düşük olduğu sebebinin ise amiloz içeriğiyle yakından bağlantılı olduğunu öne sürmüşlerdir.

Elde edilen YKN’nin su tutma kapasitesi verilerinin literatüre göre uygun olduğu değerler ve daha yüksek olduğu değerler de mevcuttur. Kinoa çeşitleri ve yetiştirilme koşullarını bu farklılığa sebep olmuş olabilir. Elde edilen sonuçlar kinoa nişastası çeşitleri arasında su tutma kapasitesi açısından da farklılıklar olabileceğini de ortaya koymaktadır.

4.2.2 Şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksi

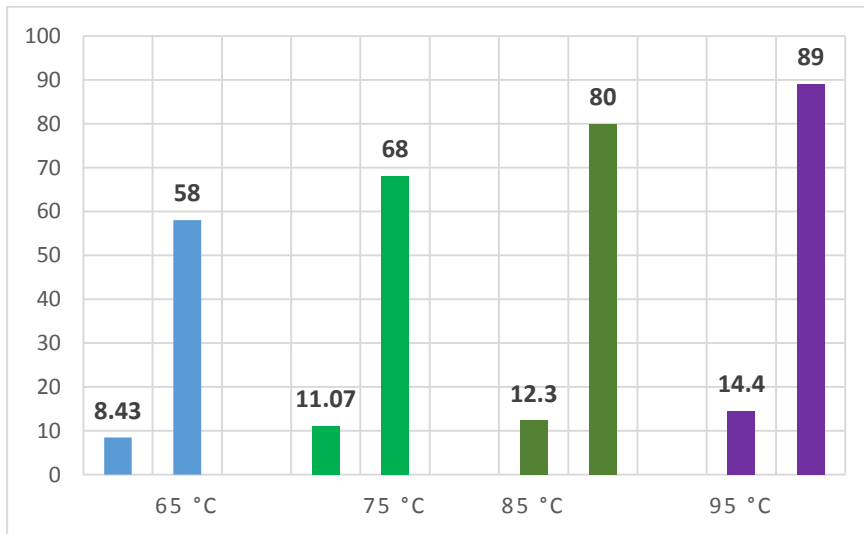
Yerli kinoa nişastasının şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksinin 65°C ve 95°C aralığındaki değerleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Yerli kinoa nişastasının 65-95°C aralığındaki şişme kuvveti (ml/g) ve suda çözünürlük indeksi (%).

YKN Uygulanan Sıcaklık Değerleri	Şişme Kuvveti (g/g)	Suda Çözünürlük İndeksi (%)
65°C	8.43	58
75°C	11.07	68
85°C	12.3	80
95°C	14.4	89
ortalama	11.55	73.7

YKN: Yerli Kinoa Nişastası

Kinoa nişastası için yapılan birçok çalışmada, şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksi sıcaklık arttıkça artmıştır. Bu çalışmada da nişastanın şişme kuvvetinin ve suda çözünürlük indeksinin sıcaklık arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda şişme kuvvetiyle birlikte çözünürlük de artmaktadır ancak çıkan değerlerin net olarak aynı aralıkta olduğunu varsayamayız. Bunun nedenleri nişastaların su tutma kapasitesi ve şişme özellikleri gibi hidrasyon özellikleri, kimyasal yapıları, porozite, karbonhidrat profilleri, partikül boyutu, iyonik kuvvetler, sıcaklık gibi faktörler ile ilişkilendirilebilmesidir. Çözünürlük ve şişme gücü, amorf ve kristal alanlardaki dikiş zincirleri arasındaki etkileşimin büyüklüğüne dair kanıt vermektedir. Nişastaların çözünürlüğü, farklı zincir uzunluğu dağılımlarına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.



Şekil 4.1 : Yerli Kinoa nişastasının 65-95°C aralığındaki Şişme Kuvveti (ml/g) ve Suda Çözünürlük İndeksi (%).

Jan ve diğ. (2017) yapmış oldukları çalışmada iki farklı kinoa nişastasının şişme kuvvetini ve çözünürlük indeksini kıyaslamıştır. Çalışmada sıcaklık arttıkça şişme kuvvetinin ve çözünürlüğün arttığını tespit etmişlerdir. Derecelerine göre kıyaslandığında ise oluşan farklılığın nişastaların sınırlı şişme gücü ve çözünürlüğü, yüksek lineer içerik ve nişastaların doğal çapraz bağlanmasından kaynaklanabildiğini öne sürmüşlerdir.

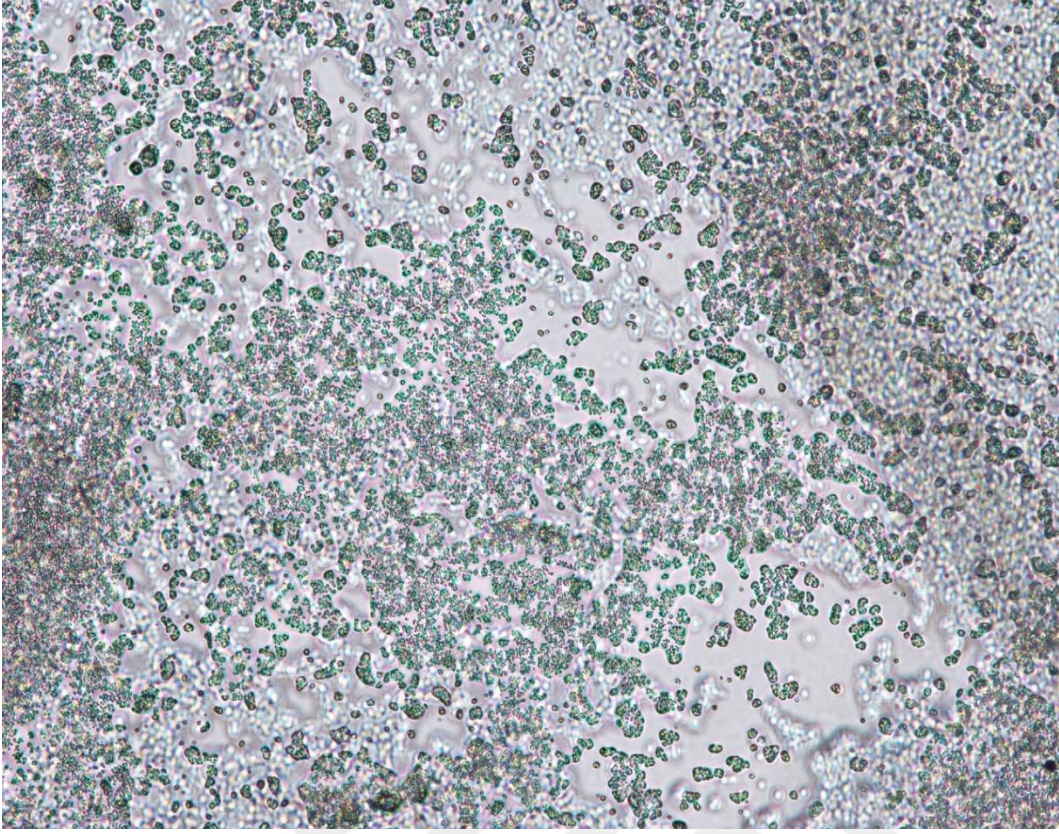
Chang ve diğ. (2017) yapmış oldukları çalışmada; şişme gücü ve çözünürlüğün, amiloz içeriğinden kuvvetle etkilendiğini; şişme gücü ile birlikte çözünürlüğün ve amiloz içeriği arasında negatif bir korelasyon olduğunu öne sürmüşlerdir. Yani amilozun şişmeye karşı tutma görevi gördüğünden bahsetmişlerdir. Kinoa nişastasının, arpa, buğday, pirinç, amarant, patates ve mısır nişastalarına kıyasla çok yüksek şişme gücüne sahip olduğunu da belirtmişlerdir.

Li ve Zhu, (2017); artan sıcaklıkla birlikte şişme gücünün de artmasının sebebinin patates nişastası gibi diğer bazı nişastalardan daha iyi ıslanarak bütünlüğünü muhafaza edebildiğine bağlamıştır.

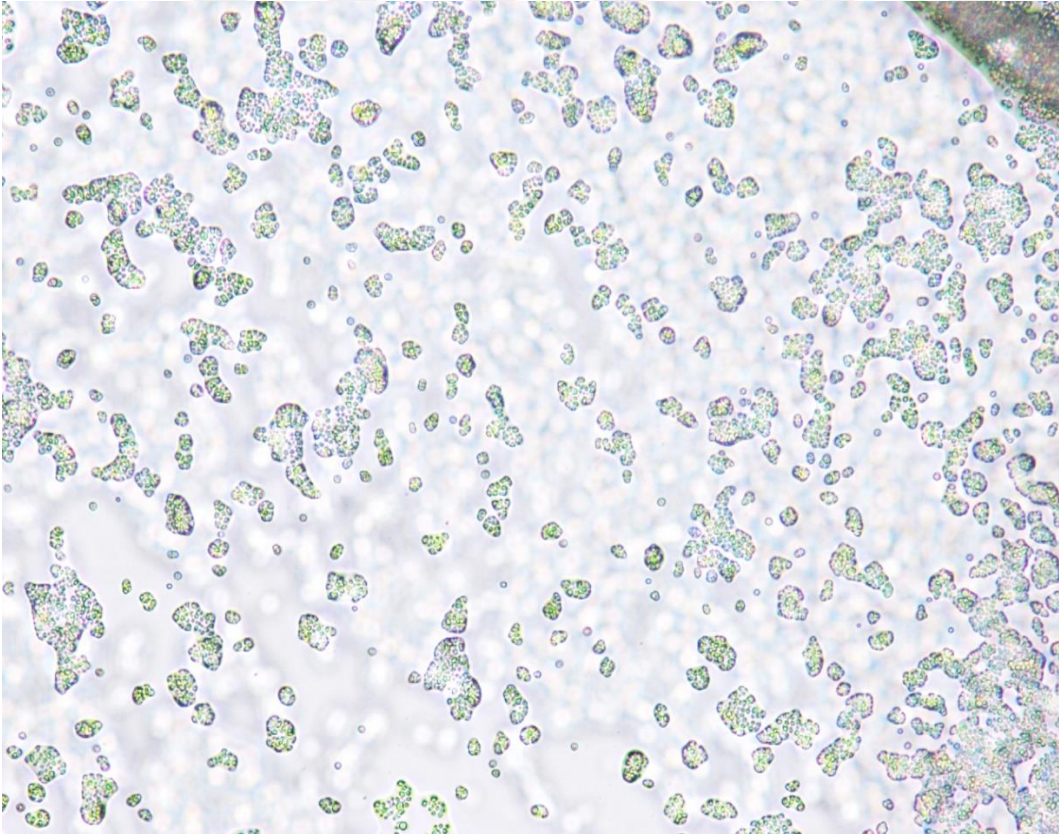
Singh ve diğ. (2003) yapmış oldukları çalışmada patates nişastasının buğday, pirinç ve mısır nişastasına göre daha yüksek şişme gücüne sahip olmasının nedenini buğday, pirinç ve mısır nişastalarının daha yüksek lipid değeri içermeleriyle alakalı olduğunu öne sürmüşlerdir. Yani nişasta içerisinde bulunan yağ oranı şişme gücünü de etkilemektedir. Nişastaların farklı kaynaklardan çözünürlük ve şişme kuvvetleri arasındaki farklar nişasta granüllerinin morfolojik yapısındaki farklılıklardan da olabilir. Yine aynı çalışmada büyük ve düzensiz ya da küp şekilli granüller, nişasta maddesinin, çok yüksek seviyelerde şişme durumunda bile, granül içine hareketsiz kılınmasına yardımcı olabilir ve bu da daha düşük çözünürlük seviyeleri ile sonuçlanabileceğini öne sürmüştür. Ayrıca nişasta konsantrasyonu, santrifüj durumu, karıştırma ve ayırma yöntemleri gibi deneysel ayarlar ve granül yapısı sonuçları etkileyebilir. Bu durum da sonuçları farklı çalışmalar ile kıyaslamayı zorlaştırabilir (Li ve Zhu, 2017).

4.2.3 Granül yapının mikroskop ile incelenmesi

Yerli kinoa nişastasının mikroskop görüntüleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Nişasta taneleri düzensiz, açılı ve çok köşeli şekildedir ve izolasyon koşullarına bağlı olarak gözle görülür bir hasar mevcut değildir.



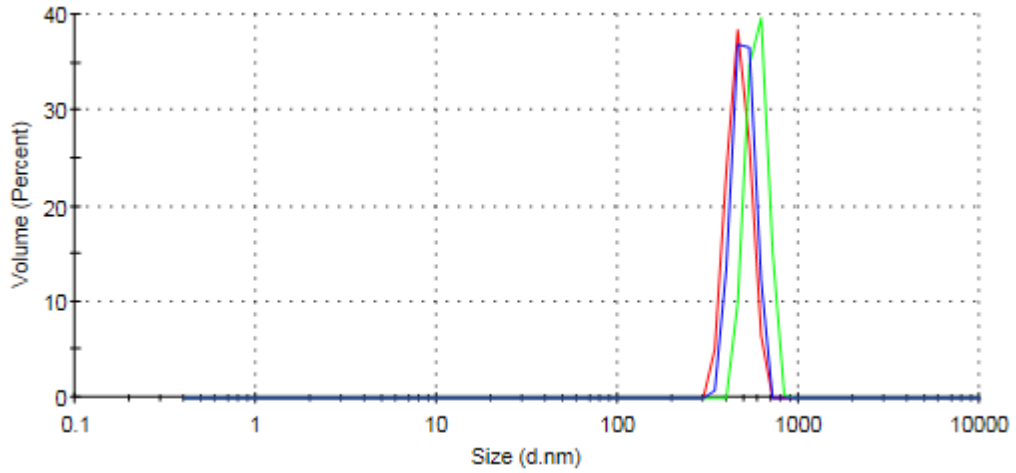
Şekil 4.2 : Yerli kinoa nişastasının mikroskop görüntüsü.



Şekil 4.3 : Yerli kinoa nişastasının mikroskop görüntüsü.

4.2.4 Partikül büyüklüğünün incelenmesi

Üç paralelli olarak çalışılan yerli kinoa nişastasından hacim bazında boyuta ait veriler Şekil 4.4’de, zeta değerleri ise Çizelge 4.4’te gösterilmiştir. Zeta potansiyeli yoğunluk tabanlı harmonik ortalama olarak ifade edilir ve Z-ortalama büyüklüğü harmonik şiddette ağırlıklı aritmetik ortalama parçacık çapıdır.



Şekil 4.4 : Hacim bazında boyut dağılımı.

Çizelge 4.4 : Yerli kinoa nişastasının zeta değerleri ve Z ortalama değeri.

	Sıcaklık Değeri (°C)	Zeta Değerleri(d.nm)
Kinoa Nişastası 1	25°C	4324
Kinoa Nişastası 2	25°C	4165
Kinoa Nişastası 3	25°C	4299
ortalama		4262 d.nm

Yapılan hesaplama sonucu d.nm boyutundaki kinoa nişastasının boyutları 4.16 µm, 4.32 µm ve 4.29 µm olarak çevrilmektedir. Lindeboom ve diğ. (2005)’nin yapmış oldukları çalışmada nişasta türlerinde partikül büyüklüğünün toplanmadan kaynaklı değişkenlik gösterebileceğini öne sürmüşlerdir.

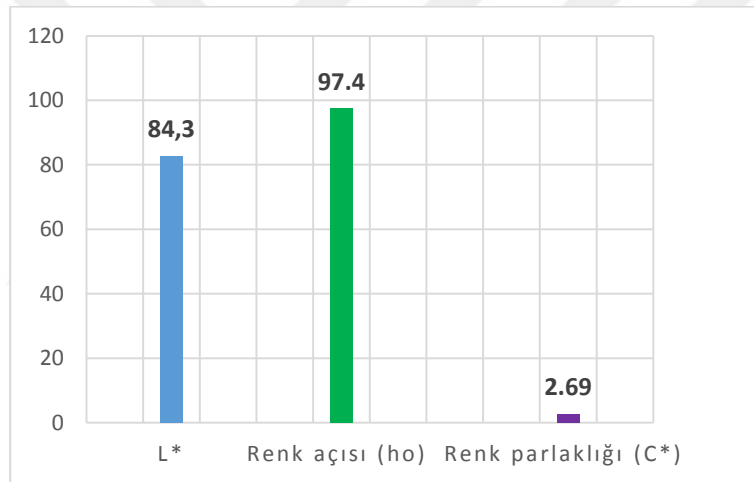
Li ve Zhu (2018a) yapmış oldukları çalışmada kinoa nişastasının partikül büyüklüğünü çoğunlukla 0.4–2.0 mikron aralığında tespit etmişlerdir. Atwell ve diğ. (1982)’nin yapmış olduğu çalışmada ise kinoa nişastasının partikül boyutunu 5 ile 30 µm aralığında ölçmüştür.

Zhang ve diğ, (2013) iki farklı buğday nişastası üzerinde yapmış olduğu çalışmada partikül boyutlarını 2.4-8.4 μm aralığında tespit etmişlerken Menzel ve diğ (2017) iki farklı türde buğday nişastasının partikül boyutlarını 2-5 μm ve 20-30 μm olarak ölçmüşlerdir.

Gomes ve diğ, (2018) yapmış oldukları çalışmada pirinç nişastasının partikül büyüklüğünü 4.78-6.36 μm aralığında tespit etmişlerdir. Amagliani ve diğ, (2016) tahıl gruplarından oluşan nişastanın partikül büyüklüklerinin 3-8 μm aralığında olduğunu belirtmişlerdir.

4.2.5 Renk ölçümleri

Yerli kinoa nişastasında üç paraleli olarak yapılan renk analizinin elde edilen ortalama verileri Şekil 4.5’de verilmiştir.



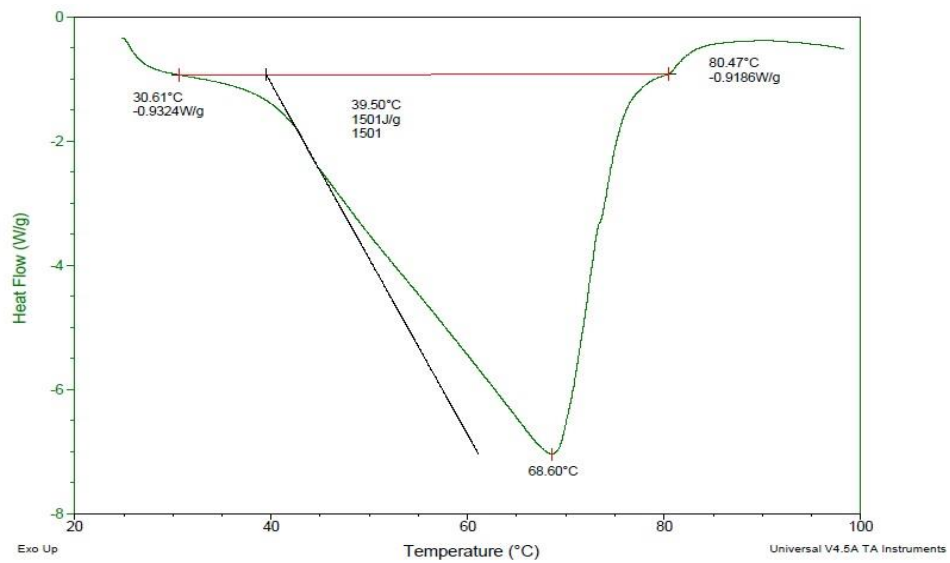
Şekil 4.5 : Kinoa nişastasına ait renk parlaklığı ve renk açısı ortalama değerleri.

L* değeri, numunenin açık / koyu olduğunu ve 0-100 değer arası karanlıktaki aydınlık oranını temsil etmektedir. a* değeri, daha fazla kırmızı gösteren daha yüksek pozitif a * değeri ile numunenin kızarıklık / yeşillik derecesini vermektedir. b* değeri, daha sarı gösteren daha yüksek pozitif bir b* değeri ile numunenin sarılık / mavilik derecesini göstermektedir (Rafiq ve diğ, 2015). Yerli kinoa nişastasında düşük a* ve b* değerleri elde edilmiştir ve bu değerler a* için ortalama (-0,34) b* için ise ortalama 2,67’dir. Jan ve diğ, 2017 yapmış oldukları çalışmada iki farklı kinoa tohumundan elde edilen nişastaların L* değeri 97,2 ve 96,8 olarak tespit edilmiştir. Boudries ve diğ,2009 yapmış oldukları çalışmada ise nişastanın L* değerini 90 değerinden daha büyük tespit etmişlerdir ve 90’dan daha yüksek bir değer

nişasta saflığı için tatmin edici bir yüksek beyazlık seviyesi verdiğini öne sürmüşlerdir. Yine aynı çalışmada iki farklı nişasta karşılaştırıldığında; L* değerleri 90 ve 70 değerlerinde bulunmuş olup bu durumda b* değeri incelenmiş olduğu aktarılmıştır. Daha düşük seviyedeki L* değerine sahip nişastanın hafif sarımsı renge dönük olduğunu ancak kabul edilebilir seviyede olduğunu ön görmüşlerdir. Yerli kinoa nişastasında elde edilen L* değeri 90 ve üzeri değerde değildir ancak bu değere çok yaklaşmış olup kullanıma engel değildir. Paralel çalışmada b* değerinin ise sırasıyla 2,45, 2,75 ve 2,81 olacak şekilde arttığı görülmüştür bu durum ise çok hafif sarılığa meyil vermektedir. Renk parametrelerinde doğabilecek küçük farklar, kinoa tohumunda bulunan pigment benzeri karoten ve fenolik bileşiklerin varlığından kaynaklanmış olabilir (Jan ve diğ, 2017).

4.2.6 DSC ile termal özellikler

Yerli kinoa nişastasının termal özellikleri diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC-TA Instruments Q10) kullanılarak incelenmiştir. Termal özelliklerinin incelenmesinde amaç; örneklerin jelleşme özellikleri hakkında öngörüle bulunabilmektir. Bu amaçla; kinoa nişastası 5°C/dk ısıtma hızıyla 25°C'den 100°C'ye ısıtılarak termogramları elde edilmiştir. Örneğin jelatinizasyon sıcaklıkları; başlangıç (T0) ve pik (Tp) sıcaklıkları ile pikin altında kalan alandan entalpi değerleri (ΔH - Nişasta jelatinizasyonu elde etmek için temin edilmesi gereken enerji) hesaplanarak termogramlar Şekil 4.6 ve Çizelge 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.6 : Yerli kinoa nişastasının diferansiyel tarama kalometrik (DSC) termogramı.

Çizelge 4.5 : Yerli kinoa nişastasının jelatinizasyon sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$) ve Entalpi değeri (joule/gram).

Örnek	T_0 ($^{\circ}\text{C}$)	T_P ($^{\circ}\text{C}$)	ΔH (j/g)
Kinoa Nişastası	30.61-38.38	65.66-68.60	1080-1501

Literatür incelendiğinde uygulanan işlemlerin nişastanın termal özelliklerini farklı yönde etkilediği görülmektedir. Lindeboom ve diğ, (2005)'nin yapmış oldukları çalışmada kinoa ve mısır nişastalarının jelleşme sıcaklıklarını incelemişlerdir. Kinoa nişastalarının jelleşme başlangıç sıcaklığı (T_0) ve pik sıcaklıkları (T_P) sırasıyla 44.6-53.7 $^{\circ}\text{C}$ ve 50.5-61.7 $^{\circ}\text{C}$ ve jelleşme entalpileri 12.8 ila 15.0 J/g şeklinde tespit edilmiştir. Yani kinoa nişastası mısır nişastasına göre daha düşük jelleşme sıcaklığı gösterirken benzer değerse jelleşme entalpisi göstermiştir. Başlangıç ve pik sıcaklıkları kinoa nişastaları arasında önemli düzeyde farklılık gösterirken entalpi sıcaklıkları arasında önemli düzeyde farklılık tespit edilmemiştir. Oluşan farklılığın sebebini ise tür farkından ve amilopektin özelliklerinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir.

Jan ve diğ, (2017)'nin yapmış oldukları çalışmada ise iki farklı bölgeden alınan kinoa nişastasının jelleşme sıcaklığını incelemişlerdir. Başlangıç sıcaklıkları 66.61-64.32 $^{\circ}\text{C}$, pik sıcaklıkları 71.56-69.36 $^{\circ}\text{C}$ ve jelleşme entalpilerini 10.08-9.9 j/g olarak tespit edilmiştir. Jelleşme sıcaklıkları arasında oluşan farkın, çeşit farklılığından veya kristal yapıdan kaynaklı olabileceğini yani çeşitli botanik kaynaklardan elde edilen nişastalar, bileşim bakımından farklılık gösterir ve farklı geçiş sıcaklıklarını ve jelleşme entalpilerini açığa çıkardığını öne sürmüşlerdir.

Zhang ve diğ, (2013) normal buğday ile vaksi buğday(mumsu) arasındaki termal özellikleri incelemişlerdir. Sırasıyla başlangıç sıcaklıkları 60.0-59.1 $^{\circ}\text{C}$, pik sıcaklıkları 65.9-63.8 $^{\circ}\text{C}$ ve jelleşme entalpileri 4.6-6.5 j/g olarak tespit edilmiştir. Yani jelleşme sıcaklığı ve entalpi değeri vaksi buğday nişastasında normal buğday nişastasına göre daha yüksek olarak bulunmuştur. Ayrıca jelleşme entalpisinin kristalleşme (nişastanın kristal oranı arttıkça granülün yapısal stabilitesinin artması ve jelatinizasyona karşı olan direncinin arttığı böylelikle jelatinizasyon sıcaklığının da yükselmesi), moleküller arası bağlanma, nişasta süspansiyonunun ısınma oranı, diğer kimyasal maddelerin varlığı gibi bir dizi faktöre bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca baskın amilopektinli vaksi buğday nişastası, normal buğday nişastaları ile

karşılaştırıldığında daha yüksek kristalli yapısı nedeniyle jelatinizasyon için daha yüksek enerji gerektirdiğinden bahsetmişlerdir.

Gomes ve diğ. (2018)'nin yapmış oldukları çalışmada pirinç ile birlikte farklı tahıl türlerinin termal ve diğer özellikleri incelenmiştir. Pirincin DSC ile termal özellikleri incelendiğinde sonuçlar başlangıç sıcaklığı için 63.65 °C, pik sıcaklığı 68 °C ve jelleşme entalpisi 1.41 j/g şeklinde tespit edilmiştir.

Sonuçlara bakacak olursak farklı nişasta türlerinin jelatinizasyon sıcaklıkları (°C) ve entalpi değerleri (joule / gram) Çizelge 4.6'da özetlenmiştir. Buradan yerli kinoa nişastasının diğer nişasta türlerine göre daha düşük başlangıç sıcaklığına sahip olduğunu görmekteyiz. Başka bir deyişle; jelatinizasyon en erken yerli kinoa nişastada gerçekleştirilmiştir. Pik sıcaklıklarına bakıldığında ise YKN'nin pik sıcaklık değeri diğer nişastaların pik sıcaklık değerleri arasında önemli fark göstermemiştir. Entalpi değerlerinde ise en yüksek değer YKN ve en düşük değer pirinç nişastası (PN) olduğu görülmüştür. DSC analizlerinde yüksek jelleşme sıcaklıkları daha iyi kristal yapı veya daha uzun zincir ve daha büyük kristal yapıda meydana gelmekteyken, yüksek ΔH ; ikili sarmal yapının daha fazla tahrip olmasından meydana gelmektedir (Ma ve diğ. 2011). Bu bilgi doğrultusunda YKN'nin ikili sarmal yapısının daha fazla tahrip olduğunu söylemek mümkündür.

Çizelge 4.6 : Farklı nişasta türlerinin jelatinizasyon sıcaklıkları (°C) ve Entalpi değeri (joule/gram).

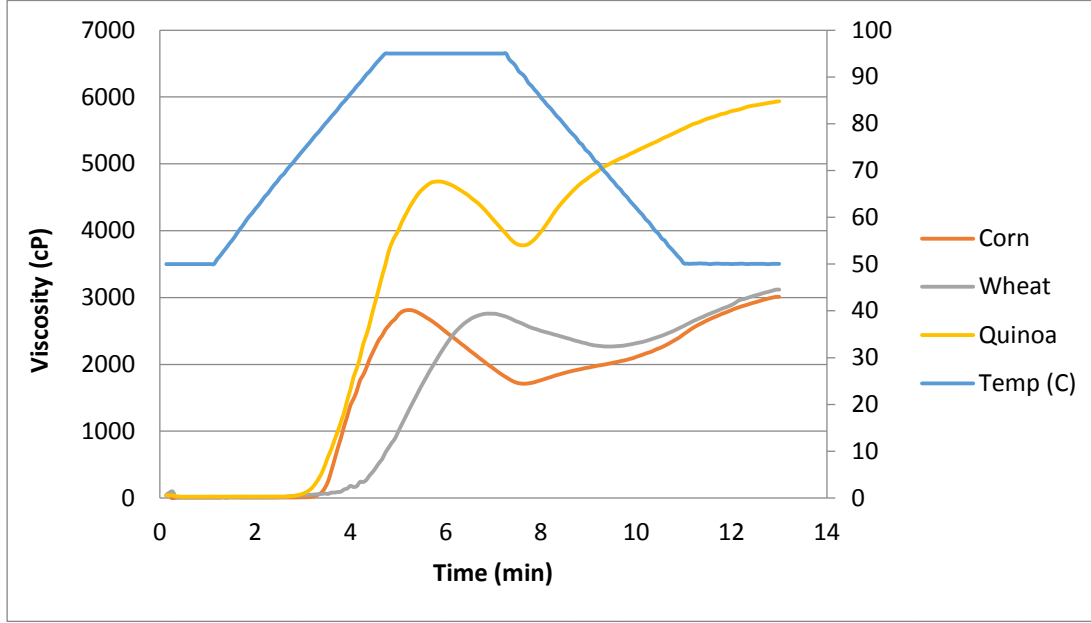
Örnek	T ₀ (°C)	T _p (°C)	ΔH (j/g)
YKN	30.61-38.38	65.66-68.60	1080-1501
KN1	44.6-53.7	50.5-61.7	12.8-15.0
KN2	66.61-64.32	71.56-69.36	10.08-9.9
BN	60.0-59.1	65.9-63.8	4.6-6.5
PN	63.65	68	1.41

YKN: Yerli kinoa nişastası, KN1: Kinoa nişastası (Lindeboom ve diğ. (2005)), KN2: Kinoa nişastası (Jan ve diğ. (2017)), BN: Buğday nişastası PN: Pirinç nişastası

4.2.7 RVA cihazıyla gerçekleştirilen vizkozite ölçümleri

YKN ve diğer nişasta örneklerinin vizkozite özellikleri mikrovisko analizörle (RVA) saptanmıştır (Şekil 4.7).

RVA çalışması kapsamında maksimum vizkozite (peak viscosity), karıştırma ile vizkozite azalması (breakdown), son vizkozite (final viscosity), katılma vizkozitesi (setback viscosity), incelme sonrası vizkozite (trough viscosity) değerleri, Peak sıcaklığı (peak time) ile yapışma sıcaklıkları (pasting temperature) belirlenerek uygulanan işlemler sonucu nişasta özelliklerinde ortaya çıkan değişiklikler incelenmiştir ve Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 : Kinoa nişastası (Quinoa), Mısır nişastası (Corn) ve Buğday nişastası (Wheat) örneklerinin vizkozite özellikleri.

Çizelge 4.7 : YKN ve diğer nişastaların vizkozite özellikleri.

Örnek	PV(cP)	BV(cP)	TV(cP)	SV(cP)	FV(cP)	PZ(dak)
YKN	4737±14,1 a	956±0,0 b	3781±14,1 a	4980 ±14,1 a	5936±14,1 a	5,9±0,04 b
BN	2759±14,1 b	494,5±3,54 c	2264,5±10,6 b	2623,5±10,6 b	3113±14,1 b	6,87±0,0 a
MN	2812±14,1 b	1110,5±13,4 a	1701,5±0,71 c	1899,5±0,7 c	3010±14,1 c	5,27±0,0 c

*Değerler iki işlem tekrarı ve paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır ($p < 0,05$). PV: Pik viskozitesi (cP), TV: Through viskozite, incelme sonrası viskozite (cP), BV: Breakdown viscosity, karıştırma ile viskozite azalması: Through viskozite ile pik viskozitesi arasındaki fark (cP), FV: Son viskozite (cP), SV: Setback viscosity, katılma viskozitesi: son viskozite ile through viskozite arasındaki fark (cP), PZ: Pik zamanı (dakika)

Nişastanın jelatinizasyonu (çirilenmesiyle) beraber viskozitesi artmaya başlar. Jelatinizasyonun başladığı sıcaklık; nişastanın pişmesi için gerekli minimum sıcaklıktır. Nişasta tanecikleri boyut olarak heterojen oldukları için belli bir sıcaklık aralığında şişer, bu yüzden elde edilecek pikin eğimi değişkenlik göstermektedir.

Hızlı şişmesi durumunda pik dik olurken, yavaş şişmesi durumunda da yatık pik oluşturmaktadır. Şişme ile viskozite artar ve pik değerine ulaşır. Buna pik viskozitesi denir. Sıcaklık belli bir süre sabit tutulduğunda (genelde 95°C) nişastanın parçalanması, çözünen amilozun ortama karışması ve karıştırma yönünde uyumu sonucunda viskozite azalır. Buna pik sonrası minimum viskozite (breakdown) veya sıcak pelteleşme viskozitesi (hot paste viscosity) denir. Minimum viskozite değeri nişastanın kaynağına, sıcaklığa ve karıştırma derecesine bağlı olarak değişir. Test süresinin sonundaki viskozite final viskozite (final viscosity) olarak adlandırılır. Bu olaya 'set-back'; oluşan viskoziteye de set-back viskozitesi denir. Bu viskozitenin yüksek olması, pişmiş ve nişasta içeren gıdadan soğuma ile birlikte suyun ortamdan uzaklaştırılacağı (sinerezis) ve retrogradasyonun fazla olacağına işaret etmektedir (Doğan, 2000).

Buna göre, en yüksek pik vizkozitesine 4737 cP değeri ile yerli kinoa nişastasının sahip olduğu görülmektedir. BN ve MN'nin pik vizkoziteleri arasında önemli ölçüde fark bulunmamasıyla birlikte YKN'ye göre daha düşük değerlere sahiplerdir ve bu fark istatistiksel olarak önemli ölçüde bulunmuştur ($p<0,05$). Li ve Zhu, (2018b) yapmış oldukları çalışmada kinoa nişastasının pik vizkozitesini diğer nişasta türlerine göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Yüksek pik vizkozitesinin amiloz miktarı ve uzun zincirli amilopektin fraksiyonuyla pozitif bağlantılı olduğunu ancak bazı çalışmalarında tam tersi bilgi verdiğini öne sürmüşlerdir.

Son vizkozite incelendiğinde, yine en yüksek değer 5936 cP değeriyle YKN'ye ait olduğu en düşük değerin ise 3010 cP değeriyle MN'ye ait olduğu görülmektedir. YKN, BN ve MN arasında istatistiksel anlamda önemli ölçüde fark bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.7'den pik zaman değerleri incelendiğinde ise en kısa zamanda MN'nin pik oluşturduğu (5,27 dk) görülmekteyken en geç pik oluşturan örneğin BN olduğu (6,87 dk) görülmüştür. Nişastalara uygulanan otoklavlama ve retrogradasyon işlemleri bu pik zamanını ilerletirken enzimatik uygulamalar daha hızlı pik oluşumuna neden olmaktadır. YKN, BN ve MN arasında istatistiksel anlamda önemli ölçüde fark bulunmuştur ($p<0,05$). Lindeboom ve diğ., (2005) kinoa nişastasını için pik zamanını 5.1 ile 6.9 dak. Değerleri arasında tespit etmişlerdir. Bu değer YKN pik değeri ile uyushmaktadır.

Çizelge 4.8’de yapışma sıcaklıkları incelendiğinde en yüksek değer BN aitken en düşük değer MN’na aittir. Üç nişasta için nişastayı pişirmek için gereken minimum sıcaklık olan yapışma sıcaklıkları arasında istatistiksel anlamda önemli fark bulunmuştur ($p<0,05$).

Jan ve diğ,(2017) ‘nin yapmış oldukları çalışmada iki farklı bölgedeki kinoa nişastasını incelemişler ve vizkozitelerini karşılaştırmışlardır. PV değerinin yüksek olması su tutma kapasitesiyle de bağlantılı olabileceğini öne sürmüşlerdir. Yüksek amiloz çeşitleri için PV, BV, FV ve SB'nin daha yüksek değerleri, diğer amiloz örneklerinde de gözlemlendiğini, bu da seyreltici faktör olarak yüksek amiloz içeriği davranışına bağlı olabileceğini vurgulamışlardır. Nişastayı pişirmek için gereken minimum sıcaklık olan yapışma sıcaklığının da kristallik derecesinden etkilenebileceğini vurgulamışlardır.

Çizelge 4.8 : YKN ve diğer nişastaların yapışma sıcaklıkları.

Örnek	Yapışma sıcaklığı(°C)
YKN	77,9±0,49 b
BN	85,97±0,6 a
MN	73,02±0,6 c

*Değerler iki işlem tekrarı ve paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır ($p < 0,05$).

4.2.8 Toplam nişasta miktarı

Yerli kinoa nişastasına ait toplam nişasta miktarı iki tekrarlı olarak gerçekleşmiştir ve ortalama %79,5 olarak bulunmuştur. Kuru bazda ise ortalama %91 olarak bulunmuştur. Lindeboom, (2005) kinoa nişastası üzerine yapmış olduğu çalışmada toplam nişasta miktarını kuru bazda %96.9 olarak tespit etmiştir. Buğday nişastası için toplam nişasta miktarı kuru bazda %97.9 ±1.3 olarak tespit edilmiştir (Lopez-Baron ve diğ, 2017).

4.2.9 Glisemik indeks

Nişastalı ürünlerin nişasta sindirim oranı glisemik indeks olarak açıklanmaktadır. Yerli kinoa nişastasına ait glisemik indeks değerleri ham olarak ortalama 78.5, pişmiş olarak ise 89.3 olarak tespit edilmiştir. Mısır nişastası için bilinen GI değerleri

çiğ ve pişmiş için sırasıyla; 75.3 ve 93.5 olarak belirtilmektedir (Chung ve diğ., 2008). Buna göre; kinoa nişastasının pişmiş haldeki GI değeri mısır nişastasından daha düşüktür.

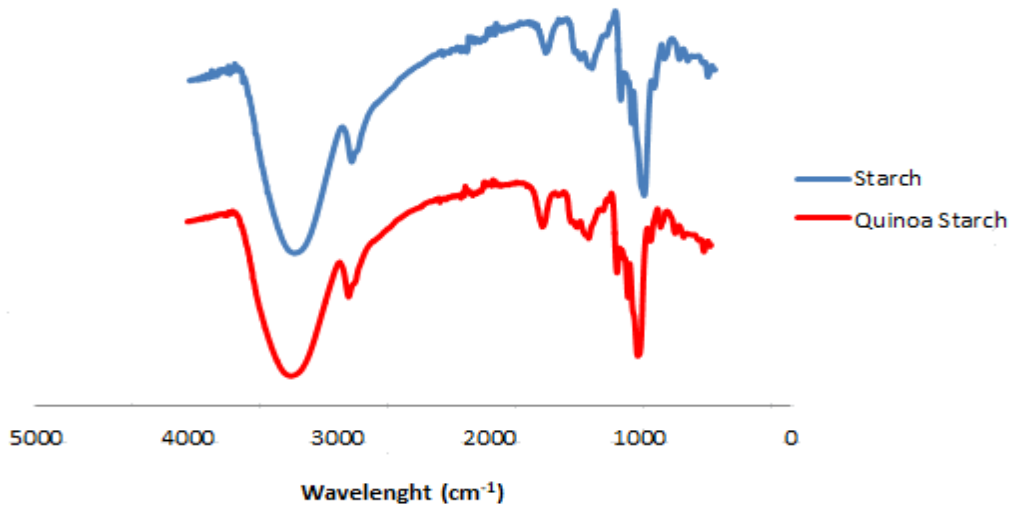
Hacettepe Üniversitesi Sağlık bilimlerinin 2012 yılında yapmış oldukları çalışmada glisemik indeks aralıkları belirtilmiş ve 70'in üzerindeki değerler yüksek glisemik indeks olarak sınıflandırılmıştır(Yıldıran ve diğ, 2012). Nişasta ve ürünlerinde bunun sebebinin, nişastasının yapısındaki farklılıktan kaynaklanıyor olabileceği yani; amilopektinin dallı amilozun ise düz yapıda oluşundan dolayı alan farkına bağlı olarak sindirim farkının meydana gelmesi olarak açıklanmıştır. Bu sebeple glisemik indeks farkının doğabileceğini belirtmişlerdir (Yıldıran ve diğ, 2012). Nişasta örneklerinin hidroliz indeks değeri, başlangıç durumunda 56 ile 65 arasında ve jelatinleştirilmiş halde 85 ile 98 arasında değişmiştir. Hidroliz indeksine dayanan tahmini glisemik indeks (GI) sırasıyla 70.5 ila 75.3 ve 86.4 ila 93.6 arasındadır.

Çizelge 4.9 : YKN ile MN glisemik indeks değerinin karşılaştırması.

Örnek	Glisemik index ham	Glisemik index pişmiş
YKN	78.5	89.3
MN	75.3	93.5

4.2.10 FTIR (Fourier Transform Infra Red) analizi

FTIR analizi, bileşiklerin karakterize olmasına yardımcı olan bir cihazdır (Büyüksırt ve Kuleşan, 2014). Yerli kinoa nişastasına ve farklı bir nişastaya ait FTIR sonuçları Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8 : Yerli kinoa nişastası ve farklı nişastaya ait FTIR sonuçları.

FTIR analizi, yerli kinoa nişastasıyla farklı nişastanın yapısını karakterize etmek ve karşılaştırmak amaçlı gerçekleştirilmiştir. FTIR analizi 4000 ile 525 cm^{-1} dalga boyu arasında gerçekleşmiştir. Karbonhidratlarda bulunan baskın fonksiyonel gruplar, diğer hidroksil gruplarıyla intra ve inter moleküler bağlardan sorumlu hidroksi gruplardır (Jan ve diğ, 2017). Nişasta esas olarak, 3500-3300 cm^{-1} arasında, O-H-H bağı gerilme kuvvetindeki güçlü emilim bantlarıdır ve daha yüksek dalga sayısında bulunma eğilimindedir. 1200-1000 cm^{-1} 'de (C-O-C gerilmesi nedeniyle) karakterize edilir. Küçük pikler ise 3000 cm^{-1} ve az daha küçük dalga boyu arasında ki C-H gerilme(doymuş) bağlarına atfedilmiştir. 1000 civarı görülenler ise C – O – C simetrik ve asimetrik bağlarından ileri gelmektedir. Jan ve diğ, (2017)'nin yapmış olduğu çalışmada FTIR sonuçları yaklaşık değerler vermektedir. Bu sonuç elde edilen nişastanın saflığının göstergesidir.

4.3 Muhallebilere Uygulanan Duyusal Analiz Sonuçları

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin görünüş bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Kontrol grubu da dahil puanlanan muhallebilerde görünüş bakımından en çok beğenilen muhallebi kontrol muhallebi olmuştur. PNM ile kontrol muhallebi arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır. Yani görünüş olarak KM'ye en yakın muhallebi PNM olmuştur. BNM, KUM ve KNM görünüş olarak KM'den farkı istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.10 : Muhallebi örneklerinin görünüş puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Görünüş	7.6±0,73 a	6.13±1,45ab	5.4±1,99 b	3.73±1,75 c	5.2±1,37 bc

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama $\pm$ standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır ($p < 0,05$).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin görsel kıvam bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Görsel kıvam; bir kaşık muhallebinin kaşıktaki duruşu ve kaşıktan akışı şeklinde tanımlanmaktadır. Görsel kıvam olarak en yüksek puanı alarak en çok beğenilen

muhallebi kontrol muhallebi olmuştur. KM ile PNM arasında fark istatistiksel olarak önemsiz bulunurken BNM, KUM, KNM ile arasındaki fark önemlidir. BNM ile KNM arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.11 : Muhallebi örneklerinin görsel kıvam puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Görsel Kıvam	7.33±0,81 a	5.86±1,76 ab	5.6±1,5 bc	4.2±1,74 c	5.53±1,24 bc

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin renk bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Renk bakımından en yüksek puanı kontrol muhallebi almıştır. KM ile PNM, BNM, KNM arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. KM ile KUM arasındaki fark renk bakımından önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.12 : Muhallebi örneklerinin renk puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Renk	7.6±1,05 a	7.13±1,12 a	7.26±0,7 a	4.13±1,95 b	6.66±0,97 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin parlaklık bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Parlaklık bakımından en yüksek puanı PNM almıştır. KM ile PNM, BNM, KNM arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. KM ile KUM arasındaki fark renk bakımından önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.13 : Muhallebi örneklerinin parlaklık puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Parlaklık	7.2±1,14 a	7.4±0,91 a	6.6±1,92 a	4.4±2,29 b	6.46±1,18 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin koku bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.14’te verilmiştir.

Koku değerlendirmesinde PNM en yüksek puanı alırken tüm muhallebiler yakın değerlerde puanlanmıştır ve birbirleri arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.14 : Muhallebi örneklerinin koku puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Koku	6.46±1,45 a	6.8±1,26 a	5.93±1,9 a	5.6±2,23 a	5.2±1,82 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin ağızdaki kıvam bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.15’te verilmiştir.

Ağızdaki kıvam; dil ve damak arasında dilin yukarı ve aşağı hareketleriyle sıkıştırılmasından sonra ağız içindeki numunenin kalınlığı/kıvamı şeklinde tanımlanmıştır. Ağızdaki kıvam bakımından en yüksek puanı kinoa nişastalı muhallebi almıştır. KM, PNM, BNM, KNM arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. KUM ile diğer muhallebiler arasındaki fark ağızdaki kıvam bakımından önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.15 : Muhallebi örneklerinin ağızdaki kıvam puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Ağızdaki kıvam	6.73±1,48 a	6.66±1,23 a	7.06±0,96 a	3.53±2,35 b	7.26±1,43 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin erime bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Erime bakımından en yüksek puanı kinoa nişastalı muhallebi almıştır. KM, PNM, BNM, KNM arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. KUM ile diğer muhallebiler arasındaki fark erime bakımından önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.16 : Muhallebi örneklerinin erime puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Erime	6.8±1,74 a	6.6±1,18 a	6.53±1,3 a	4.13±2,35 b	7.46±1,3 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır ($p < 0,05$).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin kremsilik bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Kremsilik bakımından en yüksek puanı kinoa nişastalı muhallebi almıştır. KM, PNM, BNM, KNM arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. KUM ile diğer muhallebiler arasındaki fark kremsilik bakımından önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.17 : Muhallebi örneklerinin kremsilik puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Kremsilik	6.46±1,35 a	7.06±1,22 a	7.06±1,22 a	3.73±2,5 b	7.86±0,74 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır ($p < 0,05$).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin pürüzlülük bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Pürüzlülük bakımından en yüksek puanı kinoa nişastalı muhallebi almıştır. KM, PNM, BNM, KNM arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. KUM ile diğer muhallebiler arasındaki fark pürüzlülük bakımından önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.18 : Muhallebi örneklerinin pürüzlülük puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Pürüzlülük	6.06±2,01 a	7.0±1,3 a	6.86±1,3 a	3.33±1,98 b	7.46±0,74 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır ($p < 0,05$).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin tat bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Tat bakımından en yüksek puanı kinoa nişastalı muhallebi almıştır. Kontrol muhallebi kinoa nişastalı muhallebiye göre daha düşük puana sahiptir. KNM ile PNM, BNM, KM arasındaki fark istatistiksel olarak önemli sayılmazken KUM ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.19 : Muhallebi örneklerinin tat puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Tat	6.4±1,68 ab	6.4±1,29 ab	5.46±1,99 ab	4.53±2,56 b	6.86±1,8 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin aroma bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Aroma bakımından en yüksek puanı kinoa nişastalı muhallebi almıştır. Kontrol muhallebi kinoa nişastalı muhallebiye göre daha düşük puana sahiptir. KNM ile PNM, BNM, KM arasındaki fark istatistiksel olarak önemli sayılmazken KUM ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.20 : Muhallebi örneklerinin aroma puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Aroma	6.46±1,8 ab	6.46±0,99 ab	5.46±2,13 ab	4.53±2,66 b	7.0±1,73 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin genel beğeni bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Genel beğeni bakımından ortalama 7.06 puan ile en yüksek puanı kinoa nişastalı muhallebi almıştır. Kontrol muhallebi kinoa nişastalı muhallebiye daha düşük puan almıştır ancak KNM ile PNM, BNM, KM arasındaki fark istatistiksel olarak önemli sayılmazken KUM ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. KUM 3.93 puanı ile 5 muhallebi arasında en az beğenilen muhallebi olmuştur.

Çizelge 4.21 : Muhallebi örneklerinin genel beğeni puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Genel Beğeni	6.53±1,4 a	6.46±0,83 a	6.06±1,33 a	3.93±1,83 b	7.06±1,38 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır ($p < 0,05$).

Panelistler tarafından değerlendirilen muhallebi örneklerinin satın alma niyeti bakımından aldığı puanlar Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Satın alma niyeti bakımından ortalama 4.6 puan ile en yüksek puanı kinoa nişastalı muhallebi ve kontrol muhallebi almıştır. KNM, PNM, BNM, KM aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Ancak KUM’nin diğer muhallebiler ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. KUM 2.8 puanı ile 5 muhallebi arasında en az puanı alan muhallebi olmuştur.

Çizelge 4.22 : Muhallebi örneklerinin satın alma niyeti puanları.

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Satın alma niyeti	4.6±1,5 a	4.06±1,03 ab	4.13±1,12 ab	2.8±1,2 b	4.6±1,76 a

KM: Kontrol muhallebi, PNM: Pirinç nişastalı muhallebi BNM: Buğday nişastalı muhallebi KUM: Kinoa unlu muhallebi KNM: Kinoa nişastalı muhallebi. Paralel analiz sonuçlarına ait ortalama ± standart sapması olarak verilmiştir. Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde farklıdır ($p < 0,05$).

4.4 Muhallebilere uygulanan viskozite analiz sonuçları

Viskozite bir akışkanın, yüzey gerilimi altında deforme olmaya karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür. Akışkanın akmaya karşı gösterdiği iç direnç olarak da tanımlanabilir. Viskozite yani akmaya karşı oluşan bu direnç muhallebilerde istenilen bir özelliktir. KNM, KUM, BNM, PNM ve KM için elde edilen viskozite değerleri 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23 : Muhallebi örneklerinin viskozite değerleri (Pa s).

Örnek=>	KM	PNM	BNM	KUM	KNM
Viskozite	16 Pa.s	10,5 Pa.s	14,1 Pa.s	14 Pa.s	18 Pa.s

Terraga ve Costel (2005) yapmış olduğu çalışmada nişasta ve katkı maddeleri üzerinde viskozite değerleri ölçümü yapmıştır. %2.5, %3.25 ve %4 oranında nişasta

ilavesinden elde edilen muhallebinin viskozite değerlerini belirlemişlerdir. %2.5 nişasta ile elde edilen muhallebi viskozitesi 0.48 Pa s, %3.25 nişasta oranında elde edilen muhallebi viskozitesi 2.42 Pa s ve %4 nişasta oranında elde edilen muhallebi viskozite değeri 7.66 Pa s olarak tespit etmişlerdir.

Elde ettiğimiz sonuçlara baktığımızda viskozite değeri 18 Pa.s değeri ile en yüksek KNM iken en düşük değer ise 10.5 Pa.s ile PNM'ye aittir. Muhallebiler arasında kıyaslama yapıldığında birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. KM ile KNM arasında büyük farklılıklar mevcut değildir ve yoğun kıvam söz konusudur.



5. SONUÇ

Kinoa, Türkiye topraklarında yeni yeni yetişmeye başlayan besleyici değeri yüksek, tahıl ana olarak bilinen glutensiz bir tahıldır. YKN'nin, ticari olarak kullanılan pirinç, buğday ve mısır nişastaları gibi değerlendirilebilmesi için fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında yerli üretim olan kinoadan nişasta elde edilmiştir. İlk aşamalarında kinoa nişastasını tanımlamak için temel kompozisyon ve karakterizasyon analizleri yapılmıştır. Çalışmanın devamında ise su tutma kapasitesi, şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksi, renk belirginliği deneyleriyle nişastanın fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir. Nişastanın termal özellikleri, jelleşme entalpileri ve sıcaklıkları ise DSC (Diferansiyel Taramalı Kolorimetre) ile belirlenmiştir. Mikro-visko analizör (RVA) ile viskozite özellikleri mikroskop ile granül yapısı, partikül büyüklüğü, glisemik indeks miktarı incelenmiştir. Son aşamada ise elde edilen yerli kinoa nişastasını ürüne uygulanarak muhallebi yapılmıştır. 4 farklı muhallebi türüyle karşılaştırılarak kinoa nişastasının kullanılabilirliği ölçülmüştür.

Çalışmanın sonucunda;

- YKN'yi tanımlamak amacıyla kimyasal kompozisyonları; kül, nem, protein, yağ, diyet lifi içerikleri analiz edilmiştir. Yerli kinoa nişastasının nem içeriği %11.15, kül içeriği %3.66, yağ içeriği %0.15, protein içeriği %2.33, toplam diyet lifi değeri ise %2.8 olarak bulunmuştur. Elde edilen nişastanın uygulanan yöntemle saf bir şekilde elde edildiği anlaşılmıştır.
- YKN'nin amiloz içeriği %32.4 olarak saptanmıştır. Yapılan diğer çalışmalara göre elde edilen kinoa nişastasını ve pirinç nişastasını amiloz içeriğine bakılmıştır. Sonuçların %3 ile %20 arasında değişkenlik gösterdiği ve YKN'nin daha yüksek amiloz içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.
- YKN'nin su tutma kapasitesi incelendiğinde sonuçların %90 ile %99.8 aralığında olduğu ve diğer çalışmalara uygun aralıkta olduğu görülmüştür.

- Şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksine bakıldığında; şişme kuvveti 65-75-85-95°C aralığında sırasıyla 8.43-11.07-12.3-14.4 ml/g, suda çözünürlük indeksi sırasıyla %58-68-80-89 olarak tespit edilmiştir yani sıcaklık arttıkça şişme kuvvetinin ve suda çözünürlük indeksinin arttığı görülmüştür. Ancak çıkan net sonuçların aynı aralıkta olduğunu varsayamıyoruz. Bunun sebebinin ise hidrasyon özellikleri, kimyasal yapıları, karbonhidrat profilleri, partikül boyutu, iyonik kuvvetler olabileceği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir.
- Granül yapısı mikroskopla incelendiğinde düzensiz ve çok köşeli olduğu, gözle görülebilir bir hasar olmadığı saptanmıştır.
- Partikül büyüklüğü ortalama Zeta değeri 4.26 µm olarak tespit edilmiştir. Daha önce yapılan kinoa nişastası, buğday nişastası ve pirinç nişastası partikül boyutu inceleme sonuçlarında çıkan aralıklar YKN ile uyduğu görülmüştür.
- DSC sonuçlarına göre YKN'nin daha düşük başlangıç sıcaklığı ile (30.61-38.38 °C) jelatinizasyon işleminin daha düşük sıcaklıklarda başladığı görülmüştür. Jelatinizasyonun YKN'de diğer nişastalara göre daha fazla gerçekleştiği anlaşılmaktadır.
- RVA sonuçlarına göre; pik ve son vizkozite sırasıyla 4737 cP ile 5936 cP ile en yüksek YKN'de olduğu tespit edilmiştir.
- Yerli kinoa nişastasına ait glisemik indeks değerleri ham olarak ortalama 78.5, pişmiş olarak ise 89.3 olarak tespit edilmiştir. Kinoa nişastasının pişmiş haldeki GI değeri mısır nişastasından daha düşüktür.
- Yerli kinoa tohumundan elde edilen nişasta ile muhallebi yapılmış ve 4 farklı nişasta veya un ile yapılan muhallebiler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda YKN ile üretilen muhallebilerde renk, parlaklık, kıvam, ağızda, erime, lezzet, aroma vb. özelliklerde beğeni oranı yüksek çıkmıştır. Genel beğeni puanı 7.06 puan ile en beğenilen muhallebi KNM olmuştur. Satın alma niyeti 4.6 puan ile en yüksek puanı almıştır.

Elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı üzere YKN'nin diğer tahıl ve bakliyat grubundan elde edilen nişasta türleriyle benzer özellikte olduğu görülmüştür. Ülkemizde üretimine başlanılan kinoanın kullanımını yaygınlaştırmanın bir yolu da değerli bileşenlerini (protein, nişasta vb.) izole ederek katma değeri yüksek ingredien elde etmek ve çeşitli ürün formülasyonlarda uygulamaktır. Kinoa nişastası sütlü

tatlılarda vermiş olduğu sonuçlar ile birçok formölasyon için umut verici bir nişasta kaynağı olarak görölmüştür.





KAYNAKLAR

- Ahamed, N. T., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., & Pal, M. (1998). A lesser-known grain , Chenopodium quinoa : Review of the chemical composition of its edible parts. *Food and Nutrition Bulletin*, **19**(1).
- Ahamed, N. T., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., & Pal, M. (1996). Physicochemical and functional properties of Chenopodium quinoa starch, *Carbohydrate Polymers*, **31** , 99–103.
- Alvarez-jubete, L. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten- free ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, **21**(2) , 106–113.
- Amagliani, L., Regan, J. O., Kelly, A. L., & Mahony, J. A. O. (2016). Chemistry , structure , functionality and applications of rice starch. *Journal of Cereal Science*, **70** , 291–300.
- Araujo-farro, P. C., Podadera, G., Sobral, P. J. A., & Menegalli, F. C. (2010). Development of films based on quinoa (Chenopodium quinoa , Willdenow) starch. *Carbohydrate Polymers*, **81**(4) , 839–848.
- Atwell, W. A., Patrick, B. M., Johnson, L. A. & Glass, R. W. (1982). Characterization of quinoa starch. *Cereal Chem.*, **60**(1) , 9-11.
- Baldwin, P. M. (2001). Starch Granule-Associated Proteins and Polypeptides : A Review, *Starch/Stärke*, **53**, 475–503.
- Ball, S. G., Wal, M. H. B. J. Van De, & Visser, R. G. F. (1998). Progress in understanding the biosynthesis of amylose, *Trends in Plant Science*, **3**(12).
- Bao, J. & Bergman, C. J. (2018). Rice Flour and Starch Functionality. *Starch in Food*.
- Barton, H., Zagrodzki, P., Gorinstein, S., Folta, M., & Zachwieja, Z. (2009). Anthocyanins , total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth, *115*, 994–998.
- Belhadi, B., Djabali, D., Souilah, R., & Yousfi, M. (2012). Three small-scale laboratory steeping and wet-milling procedures for isolation of starch from sorghum grains cultivated in Sahara of Algeria. *Food and Bioproducts Processing*, **91**(3) , 225–232.
- Budak, N. (2002). Folik asitin kadın ve çocuk sağlığında önemi, The importance of folic acid in woman and child health, *Erciyes Medical Journal*, **24**(4) , 209–214.
- Brady, K., Ho, C., Rosen, R. T., Sang, S., & Karwe, M. V. (2007). Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. *Food Chemistry*, **100**, 1209–1216.

- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D.** (2006). *Chenopodium quinoa* — An Indian perspective, *Industrial Crops and Products*, **23**, 73–87.
- Caperuto, L. C., Amaya-farfan, J., & Camargo, C. R. O.** (2001). Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti, *101*, 95–101.
- Chauhan, G.S., Eskin, N. A. M., Tkachuk, R.** (1992). Nutrient and antinutrient in quinoa seed. *Cereal Chemistry*, **69(1)** , 85-55.
- Chang, P. R., Lindeboom, N., Chang, P. R., Falk, K. C., & Tyler, R. T.** (2017). Characteristics of Starch from Eight Quinoa Lines Characteristics of Starch from Eight Quinoa Lines. *Cereal Chem*, **82(2)** , 216-222.
- Çatal, H., İbanoğlu, Ş.**(2013). Effects of ozonational on thermal , structure and rheological properties of rice starch in aqueous solution, *Engineering, F. University of Gaziantep*,**38**, 63–70.
- Demir, M.K., Kılınç, M.** (2016). Kinoa: besinsel ve antibesinsel özellikleri. *Journal of Food and Health Science*, **2(3)**, 104–111.
- Doğan, I. S.** (2000). Gıda sanayinde hızlı viskozite test (HVT) cihazının kullanımı, *Gıda* , **25(6)** , 429-434.
- Duan, D. X., Donner, E., Liu, Q., Smith, D. C., & Ravenelle, F.** (2012). Potentiometric titration for determination of amylose content of starch – A comparison with colorimetric method. *Food Chemistry*, **130(4)** , 1142–1145.
- Elemo, B. O., Oladimeji, O. S., Adu, O. B., & Olayeye, O. I.** (1999). Chemical evaluation of waste from *Thaumatococcus danielli* (Benth) processing, *Plant Foods for Human Nutrition*, **54** ,101–108.
- Elgeti, D., Nordlohne, S. D., Föste, M., Besl, M., Linden, M. H., Heinz, V., Becker, T.** (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, **59(1)** , 41–47.
- Ergutay, Z. & Kotancılar, G.** (1988). Nişastanın bazı fizikokimyasal özellikleri ile ekmek içi sertliği arasındaki ilişkiler. *Gıda*, **13(2)** , 115-121.
- Escribano, J., Cabanes, J., Jiménez-atiénzar, M., Ibañez-tremolada, M., Gómez-pando, L. R., García-carmona, F., & Gandía-herrero, F.** (2017). Characterization of betalains , saponins and antioxidant power in differently colored quinoa (*Chenopodium quinoa*) varieties. *Food Chemistry*, **234** , 285–294.
- Fasano, A., & Catassi, C.** (2001). Disease: An Evolving Spectrum, *Gastroenterology*, **120** ,636–651.
- Föste, M., Elgeti, D., Brunner, A., Jekle, M., & Becker, T.** (2015). Processing Isolation of quinoa protein by milling fractionation and solvent extraction. *Food and Bioproducts Processing*, **96** , 20–26.
- Fric, P., Gabrovská, D., & Nevoral, J.** (2011). Celiac disease , gluten-free diet , and oats. *Life Sciences Institute*, **69(2)** , 107–115.

- Garg, S., & Kumar, J.** (2011). Characterization and evaluation of acylated starch with different acyl groups and degrees of substitution. *Carbohydrate Polymers*, **83**(4) , 1623–1630.
- Geren, H., Kavut, Y.T., Topçu, G., Ekren, S., İstipliler, D.** (2014). Akdeniz İklimi Koşullarında Yetiştirilen Kinoa. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, **3**, 297–305.
- Goering, K. J & Dehaas, B.** (1972). Properties of the small granule starch from *Colocasia esculenta*. *American Association of Cereal Chemists*, 3340.
- Gómez-caravaca, A. M., Iafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., & Fiorenza, M.** (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), *Food Chemistry*, **157** , 174–178.
- Gomes, D. De, Cordoba, P., Silva, L., Rigon, M., Schnitzler, E., & Waszczynskyj, N.** (2018). *Thermochimica Acta Thermal* , pasting properties and morphological characterization of pea starch (*Pisum sativum* L .), rice starch (*Oryza sativa*) and arracacha starch (*Arracacia xanthorrhiza*) blends , established by simplex-centroid design. *Thermochimica Acta*, **662** , 90–99.
- González, J. A., Gallardo, M., Hilal, M., Rosa, M., & Fernando, E.** (2009). Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .) to drought and waterlogging stresses : dry matter partitioning, *Botanical Studies*,**50**,35–42.
- Gönül, M.** (1978). Nişastanın gıda endüstrisinde kullanımı. *Gıda*, **3**.
- Gutierrez-me, F., Agama-acevedo, E., Rodriguez-ambriz, S. L., Garcı, F. J., Pacheco-vargas, G., & Bello-pe, L. A.** (2014). Starch isolation and partial characterization of commercial cooking and dessert banana cultivars growing in Mexico. *Starch/Stärke*, **66** , 337–344.
- Güneş, E.** (2016). *Drosophila melanogaster* Meigen (*Diptera* : *Drosophilidae*)' de Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .)' nin Total Oksidatif Stres Üzerinde Etkisi, *KSÜ Doğa Bil. Derg*, **19**(3) , 261–267.
- Graf, B. L., Rojas-silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-herrera, J., & Balde, M. E.** (2015). Innovations in Health Value and Functional Food Development of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .). *Food Science and Food Safety*, **14** , 431–446.
- Iglesias-puig, E., Monedero, V., & Haros, M.** (2015). Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *Food Science and Technology*, **60**(1) , 71–77.
- Inouchi, N., Nishi, K., & Tanaka, S.** (1999). Characterization of Amaranth and Quinoa Starches, *f. Appl. Glycosci*, **46**(3) , 233–240.
- Jancurová, M., Minarovičová, L., & Dandár, A.** (2009). Quinoa – a Review, *27*(2), 71–79.
- Jan, K. N., Panesar, P. S., Rana, J. C., & Singh, S.** (2017). Structural , thermal and rheological properties of starches isolated from Indian quinoa varieties. *International Journal of Biological Macromolecules*, **102** , 315–322.

- James, L. E. A.** (2009). Chapter 1 - Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 58). Elsevier Inc. [http://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](http://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Kaya, Ç.** (2010). Akdeniz bölgesinde damla sistemiyle tatlı ve tuzlu su kullanılarak uygulanan farklı sulama stratejilerinin kinoa bitkisinin verimiyle toprakta tuz birikimine etkileri ve daltmed modelinin test edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi
- Keskin, Ş. ve Evlice, A.** (2015). Fırın Ürünlerinde Kinoa Kullanımı, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **24(2)**, 150–156.
- Koyun, S.** (2013). Güvenli gıda quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Mesleki Bilimler Dergisi*, **2(2)** , 85–88.
- Knight, J. W. & Olson, R. M.** (1984). Wheat starch: production, modification, and uses. *Starch Chemistry and Technology*. 491-505.
- Lamothe, L. M., Srichuwong, S., Reuhs, B. L., & Hamaker, B. R.** (2015). Quinoa (*Chenopodium quinoa* W .) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L .) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food Chemistry*, **167**, 490–496.
- Li, J., Berke G.T. & Glover, D. V.** (1994). Variation for thermal properties of starch in tropical maize germ plasm. *Cereal Chem*, **71(1)** , 87-90.
- Li, G., & Zhu, F.** (2018a). Effect of high pressure on rheological and thermal properties of quinoa and maize starches. *Food Chemistry*, **241** , 380–386.
- Li, G., & Zhu, F.** (2017). Molecular structure of quinoa starch. *Carbohydrate Polymers*, **158** , 124–132.
- Li, G., & Zhu, F.** (2018b). Quinoa starch : Structure , properties , and applications, *Carbohydrate Polymers*, **181** , 851–861.
- Li, G., Wang, S., & Zhu, F.** (2016). Physicochemical properties of quinoa starch. *Carbohydrate Polymers*, **137**, 328–338.
- Lim, S., & Korea, S.** (1999). Comparison of Protein Extraction Solutions for Rice Starch Isolation and Effects of Residual Protein Content on Starch Pasting Properties *, *75(4)*, 120–125.
- Lindeboom, N.** (2005). Studies on the characterization biosynthesis and isolation of starch and protein from quinoa. Postgraduates thesis, University of Saskatchewan.
- Lopez-Baron, P., Gu, Y., Vasanthan, T., & Hoover, R.** (2017). Plant proteins mitigate in vitro wheat starch digestibility, *Food Hydrocolloids*, **69** , 19–27.
- Ma, Z., Boye, J. I., Simpson, B. K., Prasher, S. O., Monpetit, D., & Malcolmson, L.** (2011). Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil , chickpea , and pea fl ours. *FRIN*, **44(8)** , 2534–2544.

- Malekzadeh, R., & Ali, A. F.** (2005). Coeliac disease in developing countries : Middle East , India and North Africa, *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, **19**(3) , 351–358.
- Madl, T., Sterk, H., Mittelbach, M., & Rechberger, G. N.** (2006). Tandem Mass Spectrometric Analysis of a Complex Triterpene Saponin Mixture of *Chenopodium quinoa*. *American Society for Mass Spectrometry*, **17**, 795–806.
- Maniglia, B. C., & Tapia-bl, D. R.** (2016). Food Hydrocolloids Isolation and characterization of starch from babassu mesocarp, *Food Hydrocolloids*, **55** , 47–55.
- Mastebroek, H. D., Limburg, H., Gilles, T., & Marvin, H. J. P.** (2000). Occurrence of sapogenins in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **156** , 152–156.
- Menzel, C., Seisenbaeva, G., Agback, P., Gällstedt, M., Boldizar, A., & Koch, K.** (2017). Wheat starch carbamate: Production , molecular characterization , and film forming properties. *Carbohydrate Polymers*, **172** , 365–373.
- Myllarinen, P., Autio, K., Schulman, A. & Poutanen, K.** (1998). Heat-induced structural changes of small and large barley starch granules, *J. Inst Brew*, **104** , 343-349.
- Mikulikova, D., & Kraic, J.** (2006). Natural sources of health-promoting starch, *Journal of Food and Nutrition Research*, **45**(2) , 69–76.
- Morell, M. K., & Myers, A. M.** (2005). Towards the rational design of cereal starches, *Current Opinion in Plant Biology*, **8** ,204–210.
- Myers, A. M., Morell, M. K., James, M. G., & Ball, S. G.** (2000). Recent Progress toward Understanding Biosynthesis of the Amylopectin Crystal 1, *Plant Physiology*, **122** , 989–997.
- Navruz-varli, S., & Sanlier, N.** (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .). *Journal of Cereal Science*, **69**, 371–376.
- Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. R.** (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .). *Food Chemistry*, **193**, 47–54.
- Oelke, E.A., Putnam, D.H., Teynor T.M., Oplinger E.S.** (1992). Quinoa. *Minnesota and Wisconsin Extension Services*, WI 53706.
- Ölçer, H. & Akın, B.** (2008). Starch : Biosynthesis , granule structure and genetic modifications. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **16**.
- Palacios-Fonseca , A. J., Castro-Rosas, J., Gómez-Aldapa, C. A., Tovar-Benítez, T., Millán-Malo, B. M., Real A. & Rodríguez-García M. E.** (2013). Effect of the alkaline and acid treatments on the physicochemical properties of corn starch, *Journal of Food*, **11** ,67-74.

- Perez, L. A. B., & Agama-acevedo, E.** (2017). Starch. *Starch-Based Materials in Food Packaging*.
- Polesi, L. F., Sarmiento, S. B. S. & Canniatti-Brazaca, S. G.** (2018). Starch Digestibility and Functional Properties of Rice Starch Subjected to Gamma Radiation, *Rice Science*, **25(1)** , 42-51.
- Qian, J.** (1999). Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* Starch, *Starch/Stärke*, **51** , 116–120.
- Rafiq, S. I., Jan, S., Singht, S. & Saxena D.C.** (2015). Extraction of starch from differently treated horse chestnut slices. *International Journal of Computer Applications*, 0975 – 8887.
- Reis, P., & Beirão-da-costa, M. L.** (2011). Food and Bioproducts Processing Starch isolation from chestnut and acorn flours through alkaline and enzymatic methods. *Food and Bioproducts Processing*, **90(2)** , 309–316.
- Roberts, S. A., & Cameron, R. E.** (2002). The effects of concentration and sodium hydroxide on the rheological properties of potato starch gelatinisation, *Carbohydrate Polymers*, **50** , 133–143.
- Risi, J., & Galwey, N. W.** (2016). Effects of sowing date and sowing rate on plant development and grain yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in a temperate environment, *Journal of Agriculture Science*, **117**, 325-332.
- Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A., Glaser, B.K., Lorenz, K.J., Johnson D.H.** (1993). Composition and protein nutritional quality of quinoa. *American Association of Cereal Chemists*, **70(3)** , 303-305.
- Repo-carrasco-valencia, R. A., & Serna, L. A.** (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa* , Willd .) as a source of dietary fiber and other functional components, *Campinas*, **31(1)**, 225–230.
- Repo-carrasco-valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J., & Mattila, P. H.** (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, **120(1)**, 128–133.
- Scanlin, L., & Lewis, K. A.** (2017). Quinoa as a Sustainable Protein Source : Production , Nutrition , and Processing. Sustainable Protein Sources. Elsevier Inc. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00014-7>
- Schoenlechner, R., Wendner, M., Siebenhandl-ehn, S., & Berghofer, E.** (2010). Pseudocereals as alternative sources for high folate content in staple foods. *Journal of Cereal Science*, **52(3)**, 475–479.
- Schoenlechner, R.** (2017). Quinoa : Its Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes. Gluten-Free Ancient Grains. *BOKU-University of Natural Resources and Life Sciences*.
- Seçil, T., & Özkaya, B.** (2006). Gluten ve Çölyak Hastalığı, 807–810.
- Sezen, S. M., & Resources, W.** (2014). New Plants With Commercial Potent. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*,1.

- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S., & Gill, B. S.** (2003). Morphological , thermal and rheological properties of starches from different botanical sources, *Food Chemistry*, **81** , 219–231.
- Solíz-Guerrero, J.B. D. Jasso de Rodriguez, R. Rodríguez-García, J.L. Angulo-Sánchez, and Méndez-Padilla, G.** (2002). Quinoa saponins: Concentration and composition analysis. *Trends in New Crops and New Uses*, 110–114
- Schulte, G., Kaul, H., Kruse, M., & Aufhammer, W.** (2005). Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth , quinoa , and buckwheat under differing nitrogen fertilization, *European Journal of Agronomy*, **22**, 95–100.
- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-radovic, B., & Jovanovic, Z.** (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd .) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*, **55**(2) , 132–138.
- Svegmark, K., Helmersson, K., Nilsson, G., Nilsson, P., Andersson, R., & Svensson, E.** (2002). Comparison of potato amylopectin starches and potato starches influence of year and variety. *Carbohydrate Polymers*, **47** , 337-340.
- Tang, H., Watanabe, K., & Mitsunaga, T.** (2002). Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds, *Carbohydrate Polymers*, **49** , 13–22.
- Tan, M., & Yöndem, Z.** (2013). İnsan ve Hayvan Beslenmesinde Yeni Bir Bitki : Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .), 62–66.
- Tang, Y., Li, X., Chen, P. X., Zhang, B., Hernandez, M., Zhang, H., Tsao, R.** (2015). Characterisation of fatty acid , carotenoid , tocopherol / tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd . *Food Chemistry*, **174**, 502–508.
- Tarrega, A., & Costell, E.** (2006). Effect of composition on the rheological behaviour and sensory properties of semisolid dairy dessert, **20**, 914–922.
- Urgancı, N.** (2005) Çölyak hastalarına ekmek zehir oluyor, *İstanbulda Sağlık*, 8–10.
- Valencia S.A.** (2016). Quinoa : Overview. *Encyclopedia of Food Grains* (2nd)
- Valencia, S.A.** (2003). Quinoa. *Elsevier Science*, 4895–4902.
- Vega-g, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martinez, E. A.** (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd .), an ancient Andean grain : a review, *J Sci Food Agric*, **90** , 2541–2547.
- Vidueiros, S. M., Curti, R. N., Dyner, L. M., Binaghi, M. J., Peterson, G., Bertero, H. D., & Pallaro, A. N.** (2015). Diversity and interrelationships in nutritional traits in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .) from Northwest Argentina. *Journal of Cereal Science*, **62**, 87–93.

- Vicacundo, R. ve Herna' ndez-Ledesma, B.** (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .). *Food Science*, **14** , 1–6.
- Vilche, C., Gely, M., & Santalla, E.** (2003). Physical Properties of Quinoa Seeds, *Biosystems Engineering*, **86**, 59–65.
- Wootton, M., Panozzo, J. F., & Vic, H.** (1998). Differences in Gelatinisation Behaviour Between Starches from Australian Wheat Cultivars. *Starch/Stärke*, **50** , 154-158.
- Wright, K. H. & Huber, K.C.** (2002). Isolation and characterization of atriplex hortensis and sweet chenopodium quinoa starches, *Cereal Chemistry*, **79(5)** , 715–719.
- Xu, Y., Fan, M., Zhou, S., Wang, L., Qian, H., Zhang, H., & Qi, X.** (2017). Effect of *Vaccinium bracteatum* Thunb . leaf pigment on the thermal , pasting , and textural properties and microstructure characterization of rice starch. *Food Chemistry*, **228** , 435–440.
- Yıldıran, H., Akbulut, G., Yıldız, E. & Mercanlıgil, S. M.** (2012). Kan şekerini etkileyen besinler. *Hacettepe Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü*.
- Zobel, H. F.** (1984). Gelatinization of starch and mechanical properties of starch. *Starch*, 0-12-7462708
- Zhonga, F., Lia, Y., Ibanez, A. M., Oh M. H.,McKenzied, K. S. & Shoemaker C.** (2009). The effect of rice variety and starch isolation method on the pasting and rheological properties of rice starch pastes, *Food Hydrocolloids*, **23** , 406–414.
- Zhang, H., Zhang, W., Xu, C., & Zhou, X.** (2013). Morphological features and physicochemical properties of waxy wheat starch, *Journal of Biological Macromolecules*, **62** , 304–309.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Merve KOYUNCU AYDIN

Doğum Tarihi ve Yeri : 07.06.1991 / Lüleburgaz

E-posta : mrvkync91@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya ve Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği

